

- 1** CARTA DEL DIRECTOR
- 3** CARTAS DE NUESTROS LECTORES
- 7** Los manglares sudcalifornianos desaladores de agua de mar por Lourdes Monserrat Sordo, Thelma Castellanos, Gustavo Padilla y Luis Alberto Romero
- 9** La ecología de los invertebrados marinos en la bahía de La Paz por Timothy Brand y Eduardo Muñoz Ley
- 13** Centro de Investigaciones Biológicas por Andrea Burg
- 26** Las prioridades educativas por Miguel Alonzo Calles
- 32** La Universidad Pedagógica Nacional por José Angel Pescador
- 40** Programas en México de maestrías en educación por Galo Gómez
- 45** Panorama de la investigación educativa en México por Jean-Pierre Vielle
- 61** El Programa Nacional Indicativo de Investigación Educativa por Pablo Latapi



¹ Traducción de Carmen Arizmendi, ² Graciela Leduc, ³ Bárbara Jacobs, ⁴ Alberto Padova

De venta en:
 Colombia col. \$ 40
 Costa Rica, ₡ 7.50
 Ecuador S 26
 EE.UU., \$ 2.00
 El Salvador, ₡ 2.25
 España 95.00 PTS
 Guatemala, 90 c
 Honduras, L 1.80
 México, \$ 20
 Nicaragua, C 6.00
 Panamá, 90 c
 Puerto Rico, \$ 1.00
 Venezuela Bs 5 00

CIENCIA Y DESARROLLO es una publicación bimestral del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Los artículos firmados son responsabilidad de su autor. Registro en trámite. Certificado de licitud del título de la publicación: *Ciencia y Desarrollo*, otorgado por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Educación Pública, Oficio Núm. 504-184, Exp. 504-C-105 del 18 de febrero de 1975. Franquicia postal y telegráfica según circular 19 y oficio 4692, 1971. Se autoriza la reproducción de artículos citando la fuente. Producida por la Dirección de Publicaciones del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología con dirección en Insurgentes Sur 1814-6o. piso, México 20, D.F.

- 67** Comunicación química en mamíferos (entrevista a Vladimir Sokolov) por Mónica Lavín
- 71** La ciencia ficción: una opinión personal por Carl Sagan¹
- 77** Arthur W. Lewis. Dentro y fuera del desarrollo por Edmundo Flores
- 82** NOTAS CIENTIFICAS
- 84** GENTE Y SUCECOS
- 88** CIENCIA FICCIÓN Los análogos por Damon Knight



- 97** «DESCUBRIENDO EN UNIVERSO por Christine Allen, José de la Herrán y Arcadio Poveda
- 105** El ADN: clave de la vida (última parte) por Horace Freeland Judson²



- 153** Los fotógrafos por Ronald W. Clark³
- 170** LOS AUTORES
- 172** REUNIONES CIENTIFICAS Y TECNICAS

- 175** NOTAS BIBLIOGRAFICAS
L'inflazione nei paesi capitalistici industrializzati: el ruolo della loro interdependenza, 1968-1978, de Salvatore Biasco por Eduardo Mapes
Confesiones de un bisturi de Richard Selzer y La Medusa y el caracol de Lewis Thomas por Ted Morgan⁴
Teoría del reflejo y cibernética de Jiri Zeman por Javier Covarrubias

Lista de anunciantes:

Acta Científica	INIREB	140
Venezolana	Instituto de Ecología	138
AMA International	Instituto Tecnológico de Monterrey	138
Becas CONACYT	Instituto Geográfico Nacional	174
Becas OEA	IRESE	83
Cartón y papel	Interciencia	81
Centro de instrumentos	ITAM	176
UNAM	Metalogénesis	66
Colegio de Postgraduados	PEMEX	4a
Chapingo	Publicaciones Científicas	54
COMERMEX	Publicaciones del Libro	37, 104, 134, 136
Computadoras	Radio Educación	178
PRIME	Renault	59
EDAMEX	Secil	57
El Colegio Nacional	Secretaría de Patrimonio	95
Enciclopedia Británica	Siglo XXI	12
F.C.E.	Universidad McGill	28
Feria Internacional del Libro	Wolkswagen	55
Fundación Arturo Rosenbluth	Zeiss	133
Fundación Ford		
Geografía Universal		
Historia y Sociedad		
Información Científica y Tecnológica		

¿CAMBIO DE ACTITUD?

Hemos podido apreciar la preocupación creciente de la dirección de la revista *Ciencia y Desarrollo* por incluir en sus ediciones artículos relativos a la ciencia y la tecnología del petróleo. Problemas, ambos, vitales de la sociedad industrial contemporánea. Todo ello nos parece un gran acierto.

Sin embargo, no deja de parecernos inquietante el que se deje de lado la difusión de los trabajos de un buen número de científicos y técnicos mexicanos que en diversas instituciones realizan en la actualidad trabajos de la más alta jerarquía científica relacionados con el petróleo; muchos de los cuales aparecen en publicaciones especializadas del extranjero antes que en nuestro país.

Sin duda, un cambio de actitud a este respecto beneficiaría no sólo la calidad de la publicación a su cargo, sino que, al propiciar una más amplia difusión de los trabajos de los científicos mexicanos, favorecería su discusión en un marco más extenso, así como el surgimiento de un debate mucho más productivo, imprescindible para el desarrollo de la ciencia y la tecnología en general, y no sólo en el campo que me estoy refiriendo aquí.

A modo de ejemplo, me estoy permitiendo anexarle una bibliografía —aunque incompleta— de los trabajos del doctor Alfonso Vázquez Botello, quien ha consagrado buena parte de sus esfuerzos al conocimiento de la problemática de la contaminación por hidrocarburos en México; y cuyos trabajos han aparecido fundamentalmente en publicaciones especializadas del extranjero. Considero que el caso del doctor Vázquez Botello no es único.

Por todo lo anterior, creo que todos resultaríamos beneficiados (tanto la comunidad científica como el público en general), si se procurase un mejor conocimiento de los trabajos de investigación que al respecto se realizan en México; y si se aprovechase para su difusión el excelente

medio que representa la revista *Ciencia y Desarrollo*.

Alejandro Toledo Ocampo
Investigador del
Centro de Ecodesarrollo

BIBLIOGRAFIA

- Vázquez Botello, A., y E.F. Mandelli, "Distribution of Normal Paraffins in the Leaves of *Thalassia testudinum* from the Gulf of Mexico". *Bulletin of Marine Science*, vol. 29, núm. 3, pp. 436-440, 1979.
- Vázquez Botello, A., "Presencia e importancia de hidrocarburos fósiles en el medio ambiente marino". *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología*, vol. 6, núm. 1, pp. 1-6, UNAM, México, 1979.
- Vázquez Botello, A., "Niveles actuales de hidrocarburos fósiles en ecosistemas estuarinos del Golfo de México". *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología*, vol. 6, núm. 1, pp. 7-14, UNAM, México, 1979.
- Vázquez Botello, A., E. F. Mandelli, S. Macko, y P.L. Parker, "Organic Carbon Isotope Ratios of Recent Sediments from Coastal Lagoons of the Gulf of Mexico, Mexico", en prensa en *Geochimica et Cosmochimica Acta*.
- Rosales, M.T.L., A. Vázquez Botello, H. Bravo y E.F. Mandelli, "PCBs and Organochlorine Insecticides in Oysters from Coastal Lagoons of the Gulf of Mexico, Mexico". En Prensa en *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, vol. 21, núm. 4, 1979.
- Vázquez Botello, A., y E. F. Mandelli, "Distribution of N-Paraffins in Sea-Grasses, Benthic Algae, Oysters and Recent Sediments from Terminos Lagoon, Campeche, Mexico". *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, pp. 162-170, 1978.
- Bravo, H., Salazar, L.S., Vázquez Botello, A., y Mandelli, E.F., "Polyaromatic Hydrocarbons in Oysters from Coastal Lagoons along the Eastern Coast of the Gulf of Mexico, Mexico". *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, pp. 171-176, 1978.
- Vázquez Botello, A., "Presencia de hidrocarburos fósiles en ecosistemas estuarinos del Golfo de México". *Revista de Biología Tropical*, vol. 26, Supl. 1, noviembre de 1978, Universidad de Costa Rica, pp. 133-151.
- Vázquez Botello, A., "Cuantificación de un derrame petrolero ocurrido en la Laguna de Términos, Campeche, México". En prensa en *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología*, vol. 6, núm. 3, UNAM, México.
- Vázquez Botello, A., "Variación de los parámetros hidrológicos en las épocas de sequía y lluvia (mayo y noviembre de 1974) en la Laguna de Términos, Campeche, México". *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología*, vol. 5, núm. 1, pp. 159-178, UNAM, México, 1978.
- Vázquez Botello, A., "Pollution Research and Monitoring for Hydrocarbons: Present Status of the Studies on Petroleum Contamination in the Gulf of Mexico". Collected

Contributions to the IOC/FAO/UNEP International Workshop on Marine Pollution in the Caribbean and Adjacent Regions, Trinidad y Tobago, diciembre de 1976. *Intergovernmental Oceanographic Commission Workshop Report no. 11, Supplement*.

- Vázquez Botello, A., E. Hicks y E.F. Mandelli, "Estudios preliminares sobre los niveles de algunos contaminantes en la Laguna de Términos, Campeche, México". Cooperative Investigations of the Caribbean and Adjacent Regions-II. Symposium on Progress in Marine Research in the Caribbean and Adjacent Regions; Caracas, Venezuela, julio de 1976. *Papers on Chemical and Physical Oceanography, FAO, Fisheries Report*.
- Vázquez Botello, A., "Utilización y degradación del petróleo crudo por dos especies de camarón: *Penaeus duorarum* y *Penaeus aztecus*". *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología*, vol. 2, núm. 1, pp. 67-72, UNAM, México, 1975.

Nos extraña su preocupación, porque precisamente una de las tareas prioritarias del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) ha sido la de difundir, por medio de *Ciencia y Desarrollo e Información Científica y Tecnológica*, el trabajo de los científicos y técnicos mexicanos.

Despreocúpese, no se dejan de lado deliberadamente las investigaciones nacionales, si no todo lo contrario. La actitud de las autoridades del CONACYT ha sido y sigue siendo la de recibir en sus publicaciones las colaboraciones de la comunidad científica nacional. Los investigadores y técnicos mexicanos interesados en difundir su trabajo en nuestro país pueden enviar sus artículos a nuestras revistas con la seguridad de que serán tomados en cuenta.

La redacción

ACLARACION

Debido a un error, en el número 29 de la revista, correspondiente a los meses de noviembre-diciembre de 1979, apareció en la página 150 una fotografía cuyo pie dice "Alfredo Sánchez Marroquín". Dicha fotografía es en realidad del señor Agustín F. Legorreta.

La redacción

Los manglares sudcalifornianos desaladores de agua de mar

POR LOURDES MONSERRAT SORDO, THELMA CASTELLANOS, GUSTAVO PADILLA Y LUIS ALBERTO ROMERO

En el Departamento de Biotecnología del Centro de Investigaciones Biológicas se está llevando a cabo un programa de investigación de organismos vivos que han creado mecanismos de desalación

Introducción

La carencia de agua dulce en Baja California es un problema que estimula las investigaciones de instituciones científicas de las cuales pueden surgir las posibles soluciones, ya que esta carencia constituye un freno importante en el desarrollo económico de la península. La existencia de vastos litorales y mares acentúa la escasez de agua útil y presiona para lograrla por medio de la desalación marina.

En el Departamento de Biotecnología del Centro de Investigaciones Biológicas se ha iniciado un programa de investigación, partiendo de que existen organismos vivos (bacterias, algas o plantas superiores) que han desarrollado una gran habilidad para sobrevivir en aguas salinas (a veces en concentraciones de sal por encima de las marinas), además de haber creado mecanismos de desalación.¹ Algunos de estos organismos son los manglares, árboles propios de los litorales tropicales que crecen en varias regiones de México; y que se caracterizan por excretar a través de sus hojas cantidades apreciables de sal proveniente del mar. En Baja California Sur crecen tanto del lado del Golfo de California como del Océano Pacífico.

Los manglares son resistentes a la sal

(halófitas), y poseen una extraordinaria facilidad de adaptación a los cambios salinos los cuales están relacionados, a su vez, con los de las mareas. La distribución general de los mangles depende de ciertos aspectos básicos en el ambiente marino como la temperatura del aire, las aguas someras bien protegidas, las corrientes, la composición del sustrato y los huracanes; así como de factores externos: el sol, las mareas y las aportaciones de agua dulce.

Dentro de las costas mexicanas se pueden encontrar cuatro especies de mangle: *Rizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, *Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus*. De éstas, solamente las tres primeras se encuentran en la península de Baja California.

Se ha observado que los manglares presentan una distribución típica a lo largo de los litorales, encontrándose la *Rizophora* más próxima al mar en tanto que la *Laguncularia* y la *Avicennia* crecen al interior de la playa.

Según los estudios de Walter² y de Joshi,³ con base en la captación, la retención y la expulsión de iones en vegetales, las halófitas se han clasificado en tres tipos: acumuladoras, excretoras y rechazadoras de iones. De acuerdo con esa clasificación, la especie *Laguncularia racemosa* es acumuladora de sal, siendo ésta la menos abundante; la *Avicennia germinans* es excretora, y la *Rizophora mangle* es rechazadora.

Biológicamente, los manglares constituyen una fuente de recursos naturales porque aportan elementos nutricionales a los esteros, a las lagunas y al mar, lo que permite el desarrollo de múltiples especies marinas como los estados juveniles, de peces, crustáceos, moluscos, esponjas, algas, y otras.

Dentro de las tres especies de mangle que existen en Baja California Sur, la *Avicennia germinans* y la *Laguncularia racemosa* presentan excreción salina a través de sus hojas, siendo mayor ésta para la primera que para la segunda. Esta peculiar característica fue objeto de nuestra atención, traducándose en el interés de cuantificar la excreción de sal de las dos especies desaladoras para determinar si es posible su uso como dispositivo biológico en la desalación del agua marina.

El material utilizado en este estudio fueron dos manglares de la bahía de La Paz, seleccionados principalmente por su fácil acceso y apariencia típica. Estos son popularmente conocidos como "el manglar del estero de Enfermería" y "el cercano a la estación de radio".

De esos dos manglares se escogieron ramas de *Avicennia* y *Laguncularia* con un número de hojas que fluctuaban entre 50 y 150. Fueron sometidas a lavados continuos cada tercer día, con un volumen de 50 ml de agua destilada. En estas muestras se efectuaron los análisis de cloruros. Para

TABLA 1

Tamaño del árbol	Número de hojas promedio por árbol
Grande	14 404 ± 3 980
Mediano	3 126 ± 1 219
Chico	1 599 ± 527

Cuantificación de hojas en árboles del mangle *Avicennia germinans*, localizado en el litoral de la bahía de La Paz, Baja California Sur.

TABLA 2

Tamaño del árbol	Grande
Número de hojas por árbol (promedio)	14 404 ± 3 980
Densidad	84 950 árboles/hectárea
Excreción de sal	0.70 mg NaCl/hoja/día
Desalación por hectárea	934 kilogramos de sal diariamente

Valores obtenidos para calcular la desalación de agua de mar en una hectárea de mangle *Avicennia*.

la cuantificación de cloruros excretados por las hojas se utilizó el método argentométrico con solución valorada de nitrato de plata.

Con el fin de conocer la posibilidad del uso de los manglares como sistemas biológicos de desalación se determinó la densidad de población, la clasificación por tamaños y la cuantificación de hojas por árbol. Estos datos obtenidos son la base para establecer la excreción de sal por manglar en cada hectárea, en condiciones naturales.

Resultados

Los análisis de la excreción de sal efectuados en las hojas de mangle *Avicennia*, que crecen sin alteraciones en el frente marino de la ciudad de La Paz, nos dieron un valor de 1 mg diario por hoja. En el caso del mangle *Laguncularia*, el valor obtenido fue 10 veces menor. La especie *Rizophora*

mangle no excreta sal.

Los mangles desalan continuamente con pocas variaciones en las diferentes temporadas del año, y por esto el procedimiento de lavado de las hojas en los análisis no afectó el ritmo o la cantidad de sal excretada diariamente.

El censo directo de *Avicennia*, la especie más representativa de La Paz, nos dio un número aproximado de 90 000 mangles por hectárea. Se encontró una diferencia en la densidad de población entre los dos manglares estudiados, debido probablemente a diferencias ambientales (mareas, aporte de agua salina, calidad del suelo, contaminación, etcétera).

Los mangles altos de la zona llegan a tener hasta 15 000 hojas por árbol, aunque un gran número de árboles son de menor tamaño y por lo tanto tienen menos "unidades desaladoras" (véase tabla 1).

Los cálculos efectuados con las

mediciones, censos y análisis descriptos para el mangle *Avicennia*, nos permiten estimar que una hectárea de este árbol "desalador" extrae del mar aproximadamente una tonelada de sal (cloruro de sodio) por día, lo que representa a primera vista una cantidad apreciable (véase tabla 2). Sin embargo, hay que tomar en cuenta (nuestros experimentos más recientes están encaminados a lograr datos en este sentido) que se deben precisar los volúmenes de agua marina que son "procesados" por una hectárea de *Avicennia* para llegar a extraer una tonelada de sal diaria.

Este punto de la investigación es delicado, ya que fácilmente se puede entender que si una parcela natural de mangle, de las características descritas, requiere para su desarrollo sano y desalación continua grandes volúmenes de agua marina, y de humedades profundas en los litorales arenosos para sus raíces, la extracción de una tonelada de sal proveniente de un "procesado" de grandes volúmenes de agua de mar puede tener un efecto nulo para obtener agua medianamente dulce, o tan siquiera salobre. Por el contrario, como parecen indicar nuestros experimentos iniciales de laboratorio, pueden diseñarse condiciones de cultivo de *Avicennia* con desarrollo rápido y follajes abundantes, en presencia de volúmenes limitados de agua marina, por lo que es de esperar que la desalación biológica natural que hemos medido tenga el efecto deseado logrando volúmenes de agua con bajo contenido salino y de uso inmediato en un tiempo razonable.

El futuro de este sistema desalador del mar con bajo costo, diseñado por la evolución natural de las especies biológicas, puede ser un elemento interesante en el desarrollo ecológico de la península.

REFERENCIAS

- Funn, Raymond, *The Problem of Water: a World Study*, American Elsevier Publishing, Nueva York, 1975.
- Walter, H., "The Adoption of Plants to Saline Soils Arid Zone Research". Salinity Problems in the Arid Zones, *Proceedings of the Teherán Symposium*, vol. XIV. UNESCO, 1961.
- Joshi, G.V., *Ion Regulation in Mangroves*, Botany Department, Shivaji University, Kolhapur, 1975.

La ecología de los invertebrados marinos en la bahía de La Paz

POR TIMOTHY BRAND Y EDUARDO MUÑOZ LEY



Eduardo Muñoz Ley y Timothy Brand

El estudio de los recursos marinos invertebrados permitirá evitar la destrucción indirecta de dichos animales por carencia de su alimento o destrucción de su habitat

Introducción

El mar es una de nuestras fuentes más importantes en recursos, pues de él aprovechamos los peces y los mariscos para alimento, las algas para cosméticos, los minerales y la energía, además de ser un medio de transportación. Los recursos marinos serán más importantes en el futuro, especialmente en lo que se refiere a la alimentación, porque la producción de alimentos que se obtiene de los recursos terrestres es menor que la demanda. Por lo anterior, es urgente empezar inmediatamente un plan de conservación del mar aprovechando los recursos bióticos y abióticos de una manera racional.

El propósito de este trabajo es identificar algunos de los recursos marinos invertebrados e investigar sus interacciones con otros organismos que comparten el mismo ambiente. Este estudio servirá para encontrar los organismos que son más

abundantes, lo cual permitirá evitar la destrucción indirecta de dichos animales, por carencia de su alimento o destrucción de su habitat.

Metodología

Uno de los métodos consistió en el estudio de las relaciones tróficas de los macroinvertebrados más importantes que viven en el fondo de la bahía de La Paz, Baja California Sur. Las relaciones tróficas se refieren a las interacciones tanto entre el animal estudiado y su alimento como entre los organismos que se alimentan de dicho animal.

Se colectaron macroinvertebrados del fondo duro a lo largo de la bahía de La Paz, desde la zona de alta marea hasta profundidades de 25 metros, y se examinó el contenido estomacal de dichos animales para determinar el tipo y cantidad de alimento.

También se hicieron observaciones y experimentos con jaulas para cuantificar los efectos de predación sobre las poblaciones de animales impor-

tantes. La predación se entiende como el consumo de un organismo por otros. Las jaulas se emplearon para excluir los predadores en cierta área, y, a la vez se enjauló un predador con el animal estudiado.

Otro factor importante que limita el número de organismos es el espacio vital, formado en parte por el habitat natural. Se investigaron las relaciones de espacio para determinar si algunas especies de interés comercial están limitadas por el espacio vital.

Se usaron jaulas para aislar a las especies de otras que comparten el mismo habitat, con el fin de determinar si los animales de las poblaciones importantes crecen más rápidamente, en comparación con los de jaulas recíprocas, donde se reunieron varias especies.

Resultados

Las asociaciones de organismos que viven en el fondo del mar, en aguas poco profundas de la bahía de La Paz,

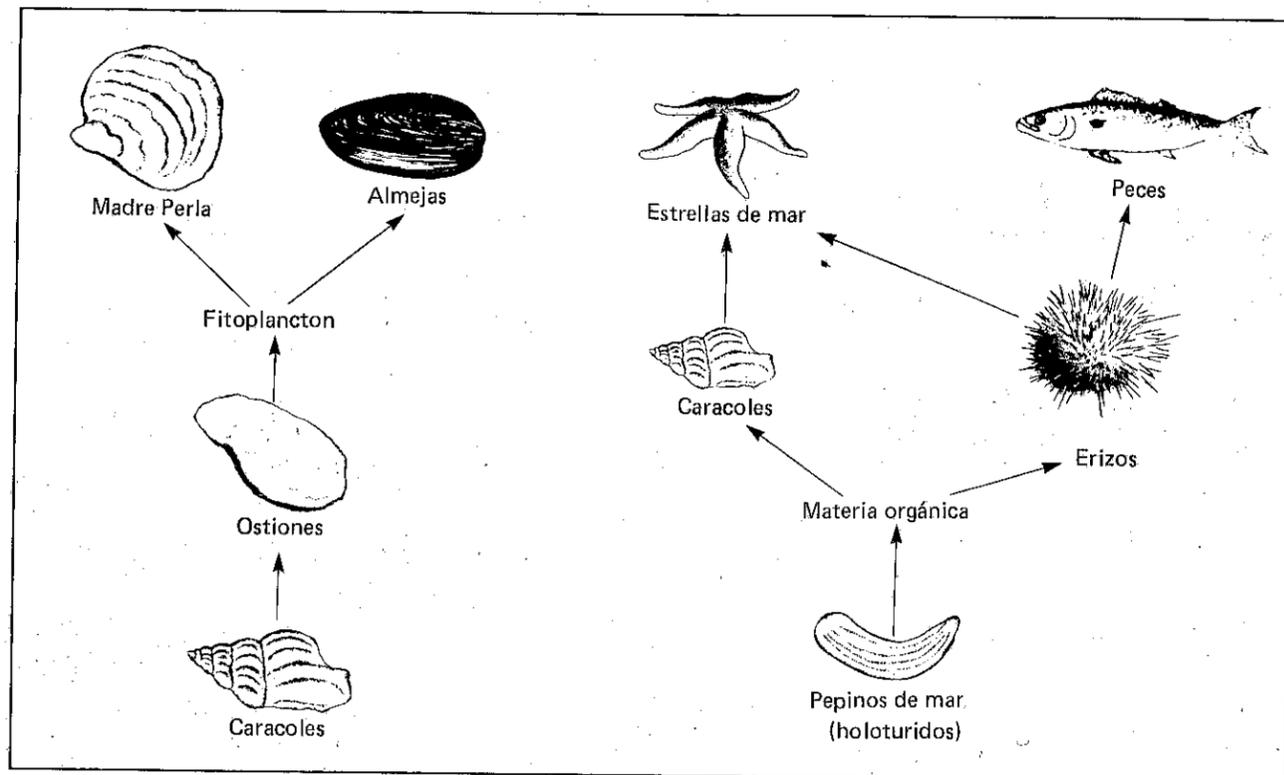


Figura 1. Las cadenas tróficas de la bahía de La Paz. Se nota que la mayoría de las especies consumen un solo tipo de alimento. Las flechas señalan los consumidores

se componen predominantemente por animales que comen un solo tipo de alimento, llamados especializados. Estos ocupan varias cadenas tróficas que tienen pocas especies en común o carecen de ellas (véase figura 1). Una cadena trófica describe las relaciones entre todos los predadores y su alimento, y nos permite conocer el modo en que la muerte de una población de animales afecta a las otras.

La mortalidad de organismos importantes puede deberse al consumo excesivo de alimento o a un aumento de sus predadores. Por ejemplo: la almeja consume fitoplancton (planta unicelular que produce oxígeno), la estrella de mar se alimenta de almejas, y los peces aprovechan las estrellas de mar; por lo tanto, la disminución de la cantidad de fitoplancton causaría un decremento en la población de las almejas. La mortalidad en los peces, asimismo, causaría una disminución de la población de almejas en tanto que la población de sus predadores naturales tendería a aumentar.

El estudio de las cadenas tróficas aporta información para predecir el efecto que puede producir la mortalidad de estrellas de mar y otros organismos sin importancia comercial sobre la abundancia de ostiones y otros organismos. Las cadenas tróficas reflejan la estabilidad de la asociación de organismos; por ejemplo: si desaparece el fitoplancton, primero mueren las almejas, después las estrellas de mar y finalmente los peces (véase figura 2). En este caso la asociación no es estable sino frágil. Sin embargo, la mortalidad de todo el fitoplancton (véase figura 3) no afecta la extinción de la estrella de mar, porque dichos organismos pueden comer otros alimentos, ya que sus dietas son más generalizadas. En este caso la asociación es más estable.

Las asociaciones de organismos de la Antártida que hemos estudiado anteriormente, parecen muy estables porque cada animal come una variedad de alimento y puede ajustar su dieta al que encuentre disponible (véase figura 4). Por el contrario, las asociaciones de la bahía de La Paz

parecen menos estables porque no existe alimento alternativo en el caso de la destrucción del alimento normal.

Las investigaciones sobre la división de espacio vital también indican que los invertebrados prefieren habitats muy distintos, como es el caso de los seis erizos dominantes que se encuentran muy separados a lo largo de un gradiente de exposición de olas y profundidad.

El erizo *Arbacia* se encuentra en la parte más superficial de la zona entre mareas, en hendiduras y pequeños hoyos en las rocas. Y el erizo *Diadema* se establece a mayor profundidad en áreas protegidas, mientras que el *Centrostephanus* se encuentra en la misma profundidad pero en áreas no protegidas. Por su parte, los hilos de *Eucidaris* y *Echinometra* se establecen más abajo extendiéndose hasta la región sublitoral en la parte inferior de las rocas y de los cantos rodados. Finalmente, el erizo *Lytechinus* es una especie más móvil que se encuentra localizada desde el nivel más bajo de marea hasta 25 metros de profundidad,

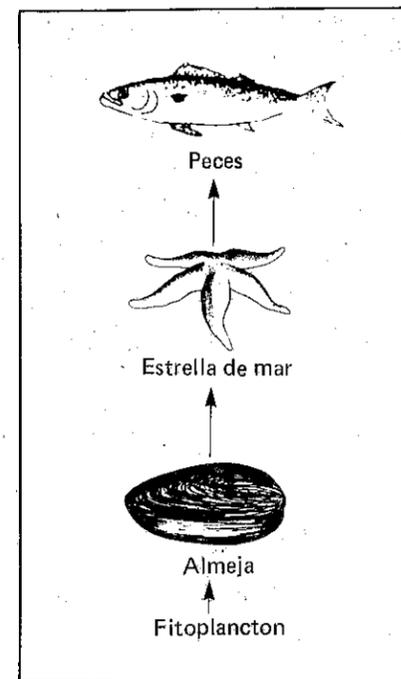


Figura 2. Una cadena trófica compuesta de organismos con dietas muy especializadas. La asociación es inestable porque la extinción del fitoplancton trae como consecuencia la extinción de toda la cadena

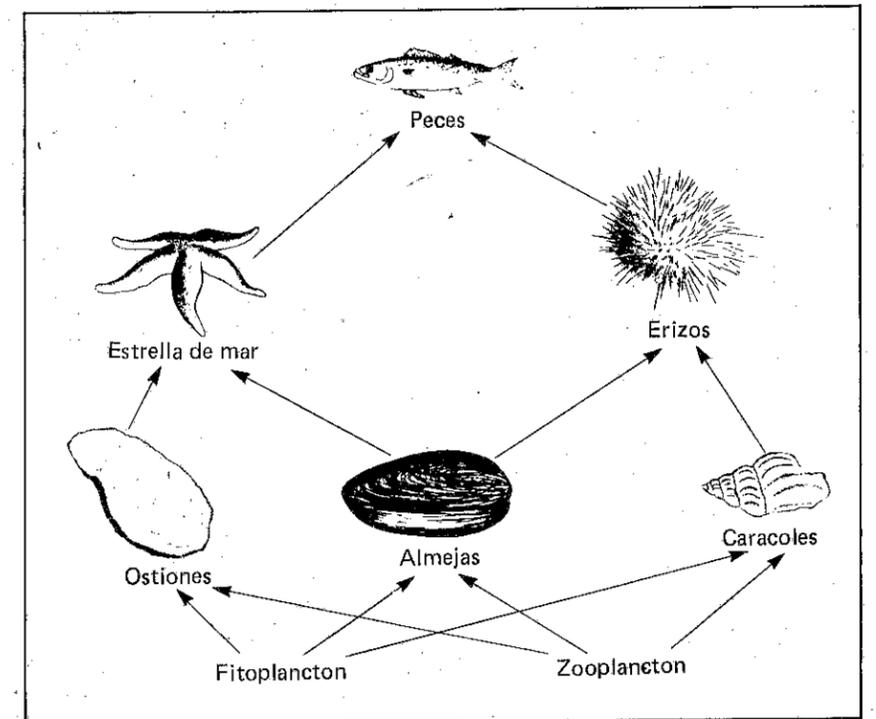


Figura 3. Una cadena trófica compuesta de organismos con dietas generalizadas. La asociación es estable porque la extinción de cualquier animal no tiene como consecuencia la destrucción de toda la asociación

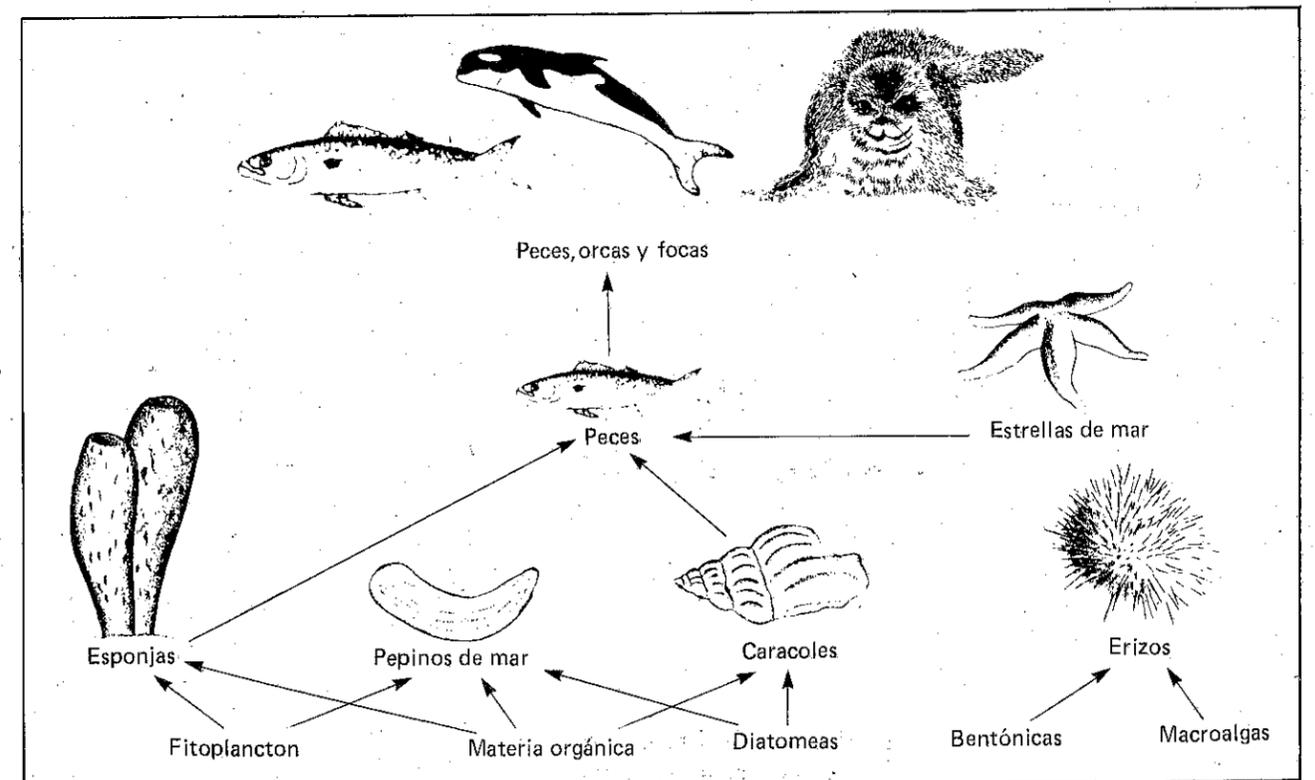


Figura 4. La cadena trófica de los invertebrados que viven en el fondo del mar en la Antártida. Se nota que cada organismo consume una variedad de alimento

XX siglo
veintiuno
editores

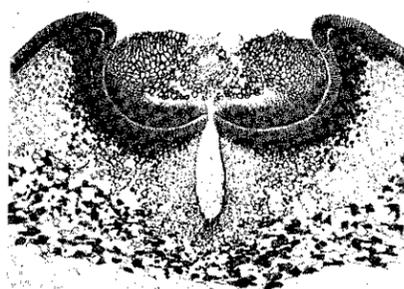
presenta con orgullo
la edición facsimilar del

CÓDICE BORBÓNICO

El más valioso testimonio
pictórico de los
antiguos mexicas

- 36 láminas a todo color
en forma de biombo.
- Anexo al Códice, el
estudio más completo
sobre él realizado:
**Descripción, historia y
exposición del Códice
Pictórico de los antiguos
náhuas**, obra del investigador
mexicano Francisco del Paso y
Troncoso.
Edición facsimilar de la
publicada en Florencia en 1899.
- Las dos obras están encuadradas
a la mestiza con lomo de piel y percalina.

Precio de venta: \$ 2,300 Primera edición limitada a 1,500 ejemplares.



NUEVA PUBLICACION DEL COLEGIO DE POSTGRADUADOS

Institución de Enseñanza e
Investigación de Ciencias
Agrícolas Chapingo, México.



ramoneando sobre las rocas y cantos rodados.

Existen dos especies de pepinos de mar dominantes, una de las cuales habita en las rocas y la otra en el fondo blando del mar. Nuestros datos sugieren que un cambio en la característica del fondo podría alterar la densidad y el número de dichos organismos.

También el espacio vital parece ser limitado tratándose de especies comerciales. Esto se observó al quitar las esponjas que se desarrollan en el mismo espacio que los ostiones, resultando que la población de estos últimos aumentó con rapidez.

Es también necesario investigar los efectos de la contaminación en la bahía de La Paz para evitar la destrucción de las asociaciones de animales, incluyendo los de importancia comercial, ya que el sistema parece muy delicado.

Los datos tienden a sostener las ideas de May sobre que la estabilidad ambiental permite mayor diversidad porque da lugar a la existencia de sistemas más especializados, los cuales son más inestables.

Conclusiones

Los datos indican que los sistemas marinos de zonas subtropicales son muy delicados y, debido a esto, pueden ser fácilmente alterados por el hombre.

Hay que recordar que el futuro de la península, basado en el desarrollo pesquero y turístico, depende en mucho del manejo adecuado del habitat marino. ☉

BIBLIOGRAFIA

May, R. M., *Theoretical Ecology Principles and Applications*, W.B. Saunders Co., Filadelfia, 1973, 317 pp.

Brand, T.E., "Trophic Relationships of Selected Invertebrates from Antarctica". *Antarctic Journal*, 1975, pp. 11-13.

Paine, R.T., "Food Web Complexity and Species Diversity". *American Naturalist*, núm. 100, 1966, pp. 65-67.

MacArthur, R.H. y Levins R., "The Limiting Similarity, Convergence and Divergence of Coexisting Species". *American Naturalist*, núm. 101, 1967, pp. 377-385.

Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California

POR ANDREA BURG

La creación del primer laboratorio de biología marina en la ciudad de La Paz fue resultado del desarrollo de un deseo de descentralización de la ciencia y de la tecnología que se inició en 1971. Desde entonces, un grupo de científicos ha dedicado todos sus esfuerzos a la investigación



Andrea Burg

Tres casitas: la primera es un cubo blanco con una reja negra en la entrada, a una cuadra del malecón, que no tiene vista al mar y sirve de oficina. La segunda, un cubo blanco también con su reja negra y con un patio donde las jaulas de los conejos para experimentos colindan con las plantas de jojoba y de mangle y sirve de laboratorio de biotecnología. La tercera es otro cubo blanco pero más grande, casi lujoso, con sus dos entradas y cuatro columnas coloniales. En el patio hay espacio para guardar las camionetas, y debajo del inmenso tamarindo se secan los trajes de los buzos y las pequeñas lanchas de motor. Entre los mangos crece un hermoso plantío de jojoba. En esta tercera casa se encuentran la biblioteca y los laboratorios de biología marina.

Hombres y mujeres, todos con un

Todas las fotografías de este artículo fueron tomadas por Diego Hoffman.

aspecto muy saludable, entran y salen. Hablan un español que revela acentos de la capital o de diferentes estados de la República y, a veces también acento norteamericano, italiano o peruano. Son maestros y alumnos que forman la comunidad del Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California (CIB). El Centro es una institución joven, establecida desde 1975 en La Paz, bajo el cuidado de Félix Córdoba, conocido bioquímico doctorado en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Félix Córdoba, director del CIB, me recibe en su rústica oficina. Mapas de fondos marinos pegados en la pared, un bocal con fetos de tiburones, una escultura de los indios seris que sirve de pisapapel son parte de una decoración informal.

—Doctor Córdoba, ¿por qué repartió usted el Centro de Investigación entre tantas casitas?

—Al principio el Centro era sólo

una pequeña mesa en la terraza de un café, después fue un pequeño local, con pocos investigadores y medios económicos reducidos. Más tarde, a medida que crecía, nos instalamos en una casita, después en dos y ahora en tres. No es lo ideal para laboratorios y se pierde mucho tiempo yendo de uno al otro local. Pero la ventaja es que ahora conocemos nuestras necesidades, nuestros objetivos de estudio y como el gobernador del estado, Angel César Mendoza Aramburo, nos regaló un terreno, cuando podamos construiremos un solo edificio, y este Centro será adecuado para todos.

—¿Cómo empieza la historia del CIB? ¿De quién fue la idea de su creación?

—La idea no fue de una persona en particular. Hubo varios antecedentes. En una conversación con el maestro Ignacio Chávez, cuando era rector de la UNAM, se habló de la creación de centros de investigación en provincia, su comentario fue



Centro de Investigaciones Biológicas

En ocasiones los investigadores mexicanos no llegan aquí porque son buenos y los absorben las instituciones del Distrito Federal

“¡Ay! ¡Investigación en provincial! Pero que irán a hacer los investigadores tan lejos? No se olviden de que son personas muy delicadas, que sólo pueden vivir en la capital”. Recuerdo también una cena en casa del doctor Piña, entonces jefe del Departamento de Química de la Facultad de Medicina, a la que asistían el doctor Guillermo Massieu, director del Instituto Politécnico Nacional (IPN), y algunos discípulos y colaboradores suyos. A la hora del coñac se habló de la posibilidad de crear un centro de investigación en La Paz y yo insistí largamente sobre el tema. El doctor Massieu es muy paciente, pero después de un momento, dijo: “Pero Félix, ¿por qué quieres irte a Bolivia?” Eso pasó en los años 1968-1969. En otra ocasión, un político mexicano, no muy bien enterado de los 1 200 km de largo de la península se oponía a la creación de una institución en el sur de Baja California argumentando que era inútil poner otra a unos pasos del Centro de Investigación Científica y de Estudios Superiores de Ensenada (CICESE). Existía un desconocimiento general, tanto de científicos como de políticos

sobre las dimensiones y distancias de la península.

—La Paz, ¿no es un nombre que se presta a confusión?

—¡Por supuesto! Muy a menudo las cartas, el equipo, cuando no los científicos invitados, ¿adónde van a parar?, pues a Bolivia. Hasta para los mexicanos La Paz existe sólo en Bolivia.

El doctor Córdoba enciende su pipa, la vacía, la llena, la vuelve a encender, al tiempo que contesta amable, cálido, sonriente, pero siempre al borde de una fina e inteligente ironía. Esta ironía y un buen espíritu de aventura le ayudaron en la creación del primer laboratorio de biología marina de La Paz; resultado del desarrollo de un deseo de descentralización de la ciencia y de la tecnología que se inició en 1971, fomentado por un estudio hecho por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), el IPN y la UNAM sobre el estado de la educación superior en nuestro país. La primera misión que salió de la capital hacia Baja California Sur fue encabezada por el doctor Raúl N. Ondarza (CONACYT) y

fue integrada por varios altos funcionarios e investigadores, entre ellos los doctores Arcadio Poveda y Félix Córdoba.

En Baja California Sur, en su capital y sobre todo en el campo, la vida se desarrollaba al lento ritmo del trópico. Aquí el tiempo era todavía tiempo y se podía perder. Unos cuantos vuelos aéreos tres veces a la semana conectaban a La Paz con la capital. Los transbordadores no existían. No había una sola universidad y el nivel más alto de enseñanza era el de la Escuela Normal que formaba maestros de escuela. En esta época, Baja California era todavía territorio.

Esta provincia desconocida para muchos mexicanos no lo era para los norteamericanos, los cuales, además de habitarla, la tenían estudiada ampliamente desde hacía bastante tiempo. Era por eso importante que los científicos capitalinos se decidiesen a conservarla, y para conservarla lo mejor era: “no echar balazos sino hacer ciencia y formar jóvenes que arraigaran aquí como investigadores científicos”. Otra buena razón para aceptar la dirección de una institución científica en La Paz fue para Córdoba la ausencia de pobreza y de mendigos en las calles. “Aquí un científico puede encender una centrifuga de unos 300 000 pesos para el uso exclusivo de su investigación y no ver pasar frente a la ventana de su laboratorio a cuatro gentes cargando el atáúd blanco de un niño muerto de hambre o a causa de una infección; tampoco en Baja California Sur se ve a un niño trotando en el camino cargando su leña como lo hacía su bisabuelo. Aquí son los burros los que cargan la leña. La pobreza externa lo pone a uno en situaciones moralmente difíciles para hacer un buen trabajo científico. En un ambiente social favorable parece más justo gastar el dinero en la investigación y la formación de recursos humanos.

Muy rápidamente nos dimos cuenta también de la honestidad de los habitantes. Uno de nuestros colaboradores, que lleva a cabo una investigación arriba de Sierra de La Laguna, tiene a menudo que dejar sin vigilancia equipos de cientos de miles de pesos. Nadie se los roba, más bien los rancheros los cuidan. Los estudiantes-investigadores de ecología mari-

na, cuando nacen las crías de lobos marinos, se quedan acampando en la isla, solos en medio del mar, y no estoy inquieto por ellos porque sé que nadie vendrá de noche para asaltarlos.

La Paz es una ciudad tranquila con algo más de 80 000 habitantes, con muchos árboles, molinos de viento, y está habitada por gente muy pacífica. Si a eso se añade la presencia de la montaña, del desierto y del mar al alcance de la mano, en medio de una provincia con mucha riqueza y mucho futuro, resultaba obvio que era el lugar ideal para crear un instituto de investigación científica. ¿No eran esas grandes ventajas?

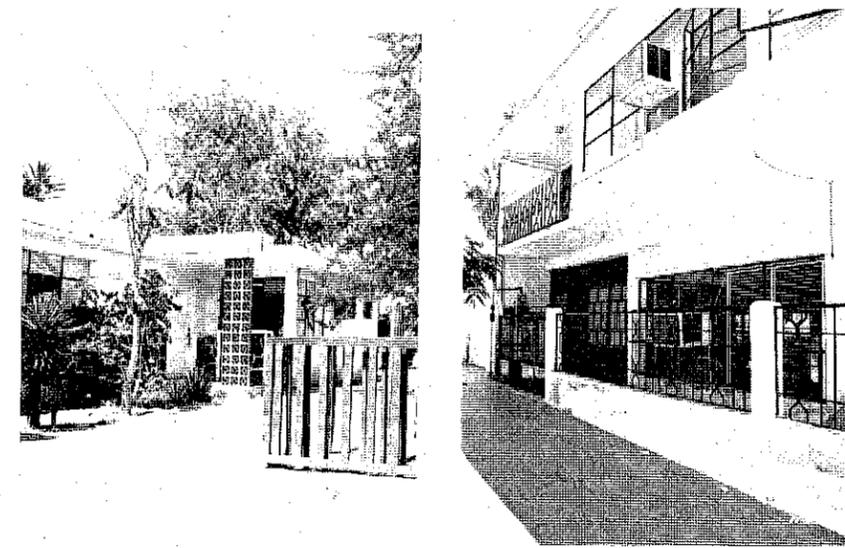
A pesar de que las grandes ventajas que presentaba Baja California Sur eran obvias, la idea de crear un nuevo centro durmió durante un año (debido a cambios en las personalidades de la política), al término del cual el doctor Raúl Ondarza, con los auspicios del CONACYT, la pudo volver a poner en marcha. El Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California se abrió finalmente el 21 de octubre de 1975.

—Los científicos, al contrario de los hombres dedicados a la política o a los negocios, buscan la tranquilidad para trabajar. ¿Fue fácil para usted entonces, dadas las condiciones ambientales y de estudio tan favorables, atraer a buenos científicos?

—Pues, pues... la verdad es que desde el principio ninguno se interesó realmente. Sí vinieron, ya establecido el Centro, para dar algunos cursos, pero cortos, nunca durante todo un año sabático o para establecerse definitivamente. Parece que la ciudad de México goza de tantos privilegios que cuesta trabajo dejarlos; el intelectual tiene necesidad de estímulos culturales y sociales que quizás no encuentre en provincia. Por otra parte, los investigadores mexicanos no llegan aquí porque son buenos y los absorben las instituciones del Distrito Federal. Sin embargo, tengo en mis archivos solicitudes de 50 científicos del extranjero altamente calificados que quieren venir a La Paz. Abrir las puertas del CIB a científicos extranjeros *exclusivamente* tiene sus peligros.

—¿Cuál es el grado académico de sus investigadores?

—Los tres científicos extranjeros tienen doctorados en su especialidad: por otro lado tenemos... licenciados



Alojamientos de los investigadores del Centro de Investigaciones Biológicas

Actualmente se inicia en el Centro el estudio sociológico de un futuro pueblo que funcionaría totalmente con energía solar

en ciencias que preparan aquí su maestría y... alumnos investigadores que provienen de las universidades de Baja California. Después de la maestría, los investigadores salen al extranjero por varios años con becas del CONACYT. Esta salida es un mecanismo educativo, sólido, fuerte, serio y traumático. El que no es un tonto regresa cambiado y con su doctorado en la bolsa. Actualmente tenemos nueve investigadores del CIB haciendo su doctorado fuera del país.

—¿Quién patrocinó la creación del CIB?

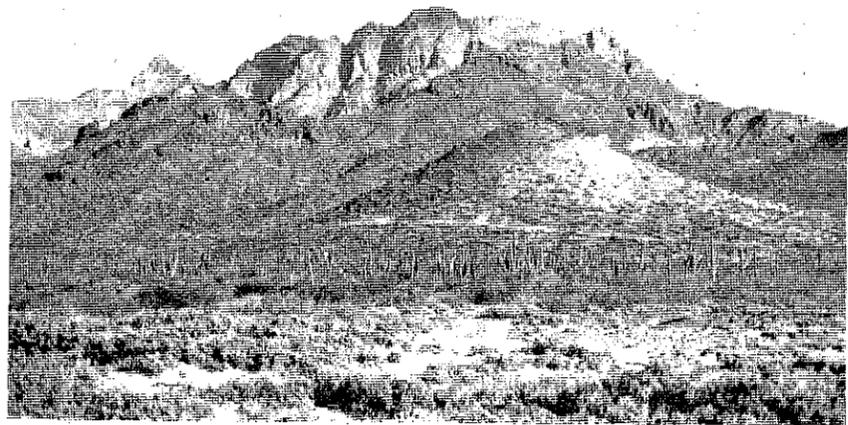
—El Centro surgió como una asociación civil entre el CONACYT y el gobierno del estado; la UNAM ingresó también recientemente. Así se formó una asociación civil para crear una institución científica. Es una forma administrativa un poco peculiar que presenta ventajas burocráticas. Ordinariamente cuando se necesitan reactivos que no se fabrican en México y que son indispensables en cualquier laboratorio de bioquímica, el procedimiento clásico es presentar el pedido, llenar la documentación, esperar la aprobación, luego las partidas, luego la oficina de compras, luego la secretaría, luego la otra secreta-

ría, luego... al año llega un reactivo que, por supuesto, hace mucho que ya no sirve. Nosotros, gracias a nuestra condición de asociación civil, nos ahorramos esta burocracia; además, desde aquí es fácil comprarlos por la condición de zona libre del Estado. Es una pequeña ventaja de la cual no gozan nuestros colegas de la UNAM.

—¿Aporta la presencia del CIB algún beneficio a la ciudad?

—Creo que sí. En un aspecto educativo, la presencia de 40 jóvenes que hacen una labor científica positiva y también de concientización y politización es de gran ayuda. Con la creación de los congresos sobre mamíferos marinos hemos sensibilizado a la población en lo que a este tema se refiere. Por otra parte, los profesores dan conferencias y pláticas a los alumnos de las secundarias. El CIB forma además parte del Consejo Consultivo de la ciudad. Las instalaciones del CIB sirven igualmente a instituciones y a profesionales que pueden consultar la biblioteca, el banco de datos, utilizar microscopios y laboratorios.

—¿Cuáles son las diferentes disciplinas del CIB?



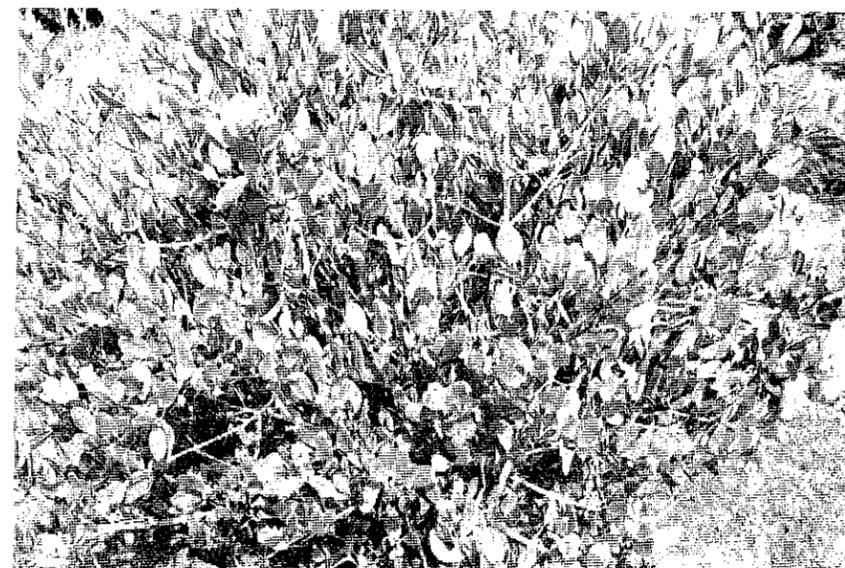
Vista del desierto



Flor de jojoba



Fruto de la jojoba



Jojoba silvestre

—Al principio nos interesábamos en la oceanografía. Las inquietudes por el medio marino en México son recientes, existían muy pocas instituciones, en relación con la dimensión de nuestros litorales: unos 10 000 kilómetros, de los cuales, posiblemente, 4 000 pertenecen a la península. En cuanto al desierto, todos sabemos que cubre un 60% del territorio nacional y en la península de Baja California el 95%. No es un desierto como el del Sahara, pero sí una zona muy árida con una larga temporada de sequía en que sólo se ven cardones, yucas y garambullos, y otra, de lluvia con una vegetación exuberante.

Hacia 1976, empezamos con estudios de biotecnología, y en 1977 se crearon dos nuevos grupos de trabajo para estudios del comportamiento de mamíferos marinos, de asentamientos humanos y ecología de la zona de la Sierra de La Laguna. Actualmente se inicia el estudio sociológico de un futuro pueblo que funcionaría totalmente con energía solar.

En biotecnología estudiamos la planta de la jojoba desde el punto de vista de la determinación precoz del sexo de la planta; los mangles, en lo que se refiere a su capacidad para desalar las aguas marinas, el garambullo (*Lophocereus schotti*), la chirinola (*Macharoeris erucal*), la reseda (*Lawsonia inermis*), o sea plantas de la península para la obtención de lectinas. Al final de cuentas, no hay fisiólogos ve-

getales en México ni bioquímicos vegetales, que es casi lo mismo. El estudio de estos vegetales es un buen camino para ayudar a la formación de especialistas en recursos naturales tan necesarios en México.

Las lectinas

—¿Existe alguna otra razón para haber escogido estas plantas para un estudio bioquímico?

—En los laboratorios de la Facultad de Medicina de la UNAM, antes de llegar a La Paz, habíamos trabajado con unas proteínas llamadas *lectinas* que se encuentran en los frijoles mexicanos y también en las alubias, cuya principal propiedad es su capacidad de *lectere*, o sea de seleccionar las sustancias con las cuales se va a aglutinar. Esta sustancia es inofensiva para el hombre y no provoca ningún efecto colateral. Tenemos varias publicaciones en las cuales se reportó la presencia de lectinas en los frijoles y sus características biológicas más importantes. Otros científicos habían encontrado lectinas en otras leguminosas. Al llegar aquí, la búsqueda de lectinas nos pareció un buen tema de trabajo.

Muchas lectinas han sido seleccionadas por cualidades como la de impedir la respuesta inmunológica y de aglutinar selectivamente los eritrocitos

(glóbulos rojos) humanos o animales. Estas cualidades le interesan mucho a los cirujanos que practican trasplantes. Otras lectinas se unen a células cancerosas y las distinguen de las células normales, y a células del hígado, a amibas, etcétera. Nosotros también nos interesamos en ellas porque el estudio inicial de las lectinas es sencillo, no requiere de gran equipo ni de productos químicos sofisticados, y aquí el desierto está lleno de semillas y cactáceas desconocidas. Hallamos también lectinas en la semilla de un arbusto de la región, la reseda, y en muchas otras plantas; hasta en la semilla del toloache. De las tres, sólo la chirinola es genuina de Baja California, las otras dos se encuentran también en Sonora y África del Norte.

Uno de nuestros colaboradores está becado por el CONACYT en Upsala, Suecia. Hace su tesis sobre las lectinas de frijoles mexicanos. Trabajó también en Estrasburgo, donde publicó resultados en revistas especializadas francesas. Las nuevas lectinas mexicanas de Baja California tienen, sin duda, características diferentes a las de las lectinas ya comercializadas. Aumentarán la lista de las lectinas conocidas, pues tendrán especificaciones farmacológicas diferentes. Por lo pronto, ya se ha logrado establecer un método de purificación que se empleará en una planta piloto, y, con la ayuda del CONACYT, se espera poder establecer medios de producción.

y una posible explotación comercial de estas sustancias.

La jojoba *Simmondsia californica* (*Simmondsia chinensis*)

—Al entrar en uno de los laboratorios vi su plantío de jojoba así como sus jojobas in vitro. ¿Cuáles son las razones del interés que presta usted a esta planta?

—La jojoba es la planta estrella en los congresos sobre zonas áridas, contesta el director del CIB. Es una planta silvestre de Baja California, Sonora, Arizona. Por un error del colector Link, que recogió una muestra en Baja California y creyó que la había colectado en China, fue llamada primero *Simmondsia chinensis*. Es una planta dioica, es decir que comprende individuos que producen las flores masculinas y otros las femeninas. La planta femenina, que es la que interesa, genera una semilla que se parece a la avellana, ligeramente más amarga.

Antes de la Colonia los indígenas la usaban para preparar una especie de "champurrado"; desde hace 30 años se sabe que cuando se exprime su semilla se obtiene un 50% de cera líquida, formada por ésteres de ácidos grasos y alcoholes de cadena recta, en cada uno de los cuales hay 20 ó 22 átomos de carbono y una doble ligadura. El aceite de jojoba es muy codiciado



Jojoba en laboratorio

por sus cualidades: soporta altas temperaturas sin cambiar químicamente, su punto de ebullición es muy alto, es un buen fluido para transmisiones automáticas; es un antiespumante útil en la fabricación de antibióticos; se utiliza mucho en Japón para preparar cosméticos y algunos afirman que impide la caída del cabello. Sus cualidades son muy parecidas a las del aceite que proviene de la grasa que se encuentra en la cabeza del cachalote, un mamífero marino en vías de extinción.

Al igual que los proteccionistas, la Secretaría de Agricultura se interesa también en el cultivo de la jojoba,

pues es una fuente de trabajo y de ingreso de divisas. Una tonelada de semilla se compra a más de 100 000 pesos. En temporada, los campesinos del desierto, norteamericanos o mexicanos, se van con su morral al hombre a recolectar las semillas silvestres de jojoba que pueden vender a buen precio. El desarrollo sistemático de una agroindustria de jojoba podría cambiar la vida socioeconómica de las zonas desérticas. Actualmente, todos los países con grandes extensiones de zonas áridas están interesados en plantar jojoba. Países desarrollados como Alemania y Japón quieren conocer otras posibles aplicaciones,



Jojoba



Mangles en flor

con el propósito de empezar a instalar fábricas para el procesamiento del aceite de esta semilla. ¿Por qué en Arizona alcanza un árbol tres metros de altura y en Baja California es sólo un arbusto? ¿Por qué existe tanta diferencia entre la forma de las hojas y, más que nada, entre la calidad de una semilla y la otra? Desde un punto de vista agrícola sigue siendo un misterio, pues ni por las hojas ni por las raíces se puede diferenciar una planta de jojoba masculina de una femenina. Una planta alcanza su productividad máxima a los 8 o 9 años pero revela su sexo hasta los tres años, cuando ocurre la floración.

— Por lo tanto no se pueden sembrar con seguridad sólo plantas que produzcan semillas.

— Precisamente por esto llevamos a cabo un estudio, prioritario en nuestro laboratorio, para llegar a conocer el sexo de la jojoba germinada mediante la determinación de los indicadores sexuales químicos de la planta. En los laboratorios del CIB, se hicieron análisis de los compuestos fenólicos de las hojas de algunas plantas conocidas y se encontró que la concentración de determinadas sustancias químicas varía según el sexo. Se repitió el mismo tipo de análisis en plantas de un año y medio que crecieron en el laboratorio y se obtuvieron las mismas respuestas químicas. Falta esperar ahora la floración, otro año y medio, para saber si el pronóstico fue exacto o no. En caso de éxito, éste no será más que del laboratorio, pues es difícil imaginar a un agricul-

tor que analice, una por una, 50 000 plantas. Por esto empezaremos una ampliación del estudio con hormonas, con el fin de encontrar una que provoque en algunas semanas la floración, aunque somos conscientes de que provocar una diferenciación sexual artificial tan rápida puede repercutir sobre la semilla y mermar sus cualidades.

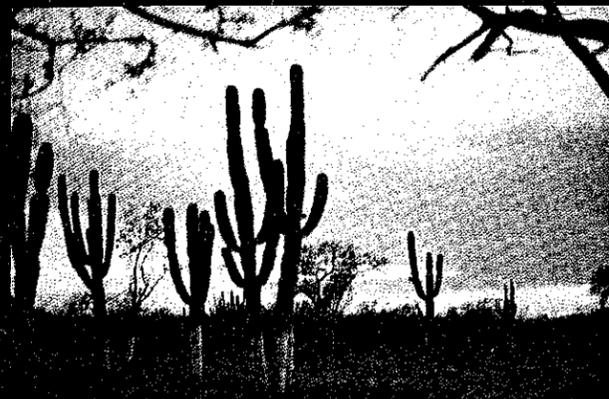
Mangles

En invierno, toda la región de La Paz tiene el color amarillento del desierto, excepto unas franjas, situadas a la orilla del mar, con color que va del gris al verde más intenso debido a la presencia de un arbusto llamado mangle. Un buen observador puede seguir los tres tonos de verde propios de las tres clases de mangles que crecen en la península y que corresponden a: la *Avicennia germinans*, o mangle prieto, el *Rhizophora mangle*, o mangle rojo, y la *Laguncularia racemosa*, o mangle blanco. Un bioquímico notará además que las hojas de la primera planta están cubiertas por gruesos cristales de sal; que la tercera, apenas y no siempre, presenta cristales muy finos; y que la segunda no presenta ningún indicio de que haya sal en sus hojas.

De todas las plantas halófilas de las orillas del agua, el mangle es la más alta. En ciertas partes de Florida, Ecuador y Colombia llega a tener el tamaño de un árbol de 25 o 30

metros de altura y su madera sirve para la construcción naval o para vigas y durmientes. Tiene además muchas aplicaciones farmacéuticas y gracias a su alto contenido en tanino puede aprovecharse para la curtición de las pieles. En Baja California el mangle es sólo un arbusto. Uno de ellos, la *Avicennia germinans*, interesa particularmente al CIB por su característica de ser resistente a la sal y su capacidad de expulsar la sal que absorbe del agua del mar hacia la superficie de sus hojas, en forma de pequeños cristales. La *Avicennia germinans* es una auténtica máquina desaladora biológica, sabe deshacerse de la sal del mar y guarda en sus tejidos el agua dulce. Averiguar mediante qué proceso fisiológico se hace esta separación iónica era un reto excelente para un bioquímico.

Una investigadora muy joven y sonriente nos recibe. Es egresada de la UNAM y optó por hacer su maestría en bioquímica en La Paz donde su bebé "va a crecer más fuerte y más sano que en la capital". Lourdes Monserrat Sordo Cedeño explica: "El mangle *Avicennia germinans* es una planta halófila. Estamos estudiando su capacidad de desalación y más tarde queremos comparar esta capacidad con otros procedimientos artificiales inventados por el hombre para desalar el agua del mar, como en el caso de los sistemas de la desalación solar, o con caldera, o por ósmosis inversa, etcétera... y ver entonces la importancia de la efectividad del sistema biológico natural.



Atardecer en el desierto



Corte de garambullo



Planta de jojoba



Manglares de Puerto Balandra



Manglares



Clase de buceo en Pichilingüe



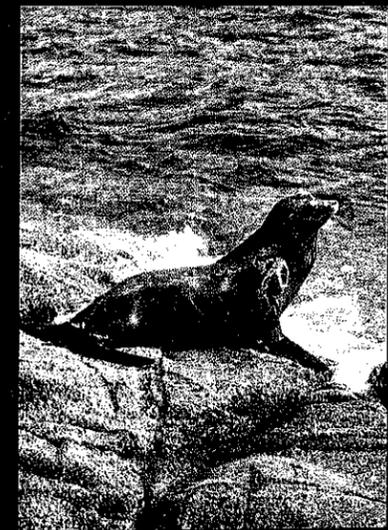
Grupo de lobos marinos



Cráneo de lobo marino macho



Cráneo de lobo marino hembra



Lobo marino

Ya estamos del otro lado

Cuando se reconoce el esfuerzo, el trabajo y la tecnología mexicana más allá de nuestras fronteras, sin duda representa una legítima satisfacción para quien se la ha ganado a pulso.

Es así que, al ser reconocida la tecnología desarrollada por INDUSTRIA DEL HIERRO, S.A., nos enorgullecemos al ver trabajar, en los países que han adquirido nuestros bienes de capital, equipos de perforación petrolera, molinos para ingenios azucareros, antenas para rastreo de satélites, puentes y estructuras de edificios.

Conscientes de la importancia que representa para México la exportación de estos bienes de capital y su tecnología, hemos producido en INDUSTRIA DEL HIERRO, S.A. el equipo IH-6000 para la perforación de pozos petroleros, bajo las normas de calidad internacionalmente establecidas, que nos han permitido ganar la confianza de los países a los que hemos estado exportando.

Gracias a esto podemos decir que ya estamos del otro lado.

Haciendo lo nuestro más nuestro



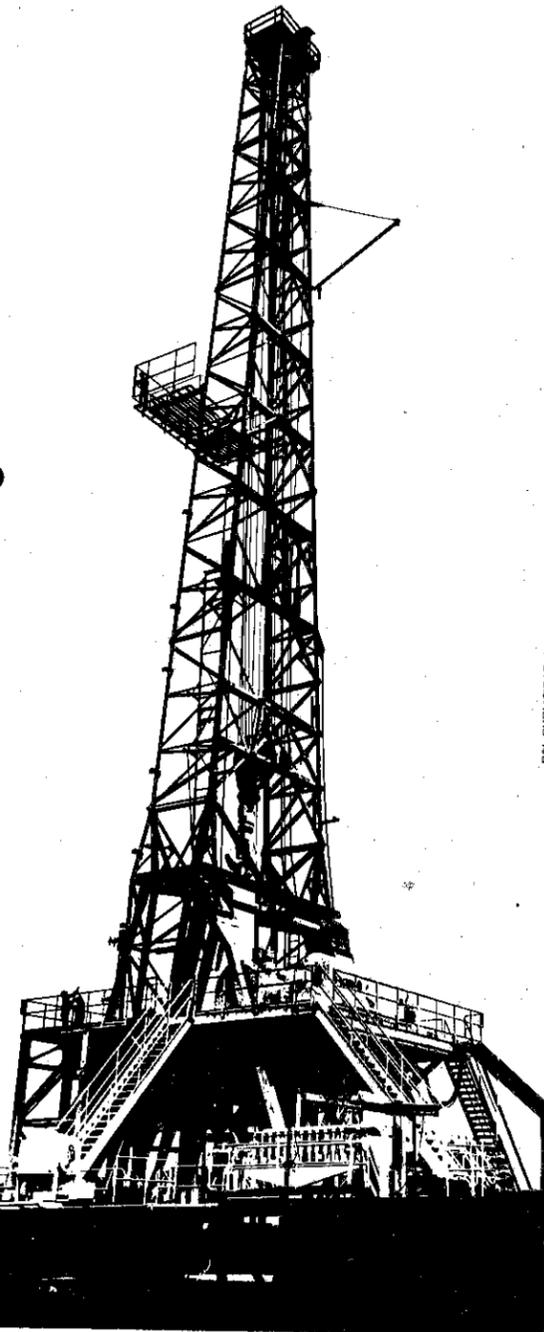
industria del hierro, s.a.

PLANTA: Parques Industriales Querétaro - Querétaro, Oro. - Tel.: 2-21-34.
OFICINAS: Guanajuato No. 163 - Col. Roma - México 7, D.F. - Tel.: 574-06-79.

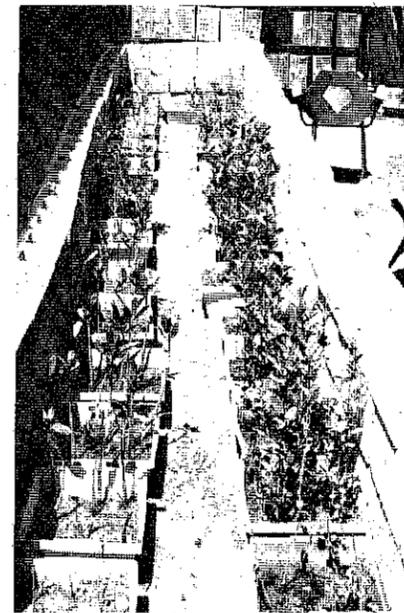
GRUPO



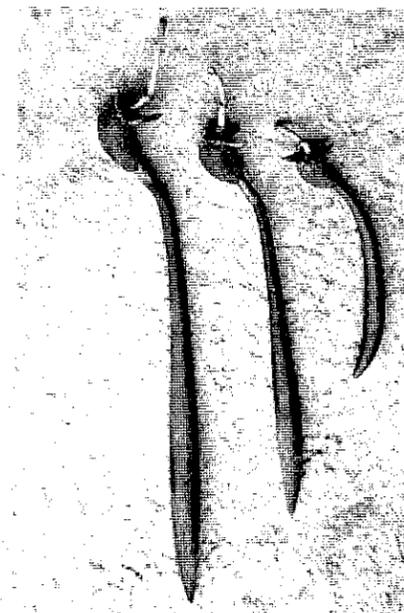
Una empresa de la División Metal Mecánica del



Marcela Espinosa



Plantío de mangle en laboratorio



Semillas de *Rhizophora mangle*

"Los resultados de los cálculos que hemos hecho sobre el cloruro de sodio que se produce durante un día, sobre la superficie de las hojas en un estero con manglares en buen estado, arrojaron la cifra de 60 kg. Con un estudio más completo se obtendrán otros datos: saber cuánta agua se procesa en esta máquina biológica en un tiempo determinado, cuánta energía se gasta para este procesamiento, etcétera. Al final de este estudio se podrá establecer si un manglar puede competir con una desaladora industrial. Se podrá saber qué tan efectivas son las mitocondrias de estas plantas, partículas de las células encargadas de darle energía.

"Por el momento, se puede soñar en domesticar y en hacer plantaciones de los manglares más desaladores. Un litro de agua de mar contiene 36 gramos de sal; si se le llegara a poder quitar 17 gramos, esta agua podría utilizarse para ciertos cultivos. En este caso es concebible la colocación de una barrera de manglares que sería usada como desaladora entre el mar y la tierra, de tal modo que al pasar el agua de mar por los manglares, corriendo lentamente durante medio kilómetro pudiera regar un plantío de cebada, por ejemplo.

"En cuanto al *Rhizophora mangle* y a la *Laguncularia racemosa*, las raíces tie-

nen un sistema de regulación de iones que no permite el paso indiscriminado de sales; un estudio comparativo del subsuelo demostró la concentración de iones en los sedimentos alrededor de estas dos clases de manglares", declara la bióloga que contempla con aire pensativo su microscopio.

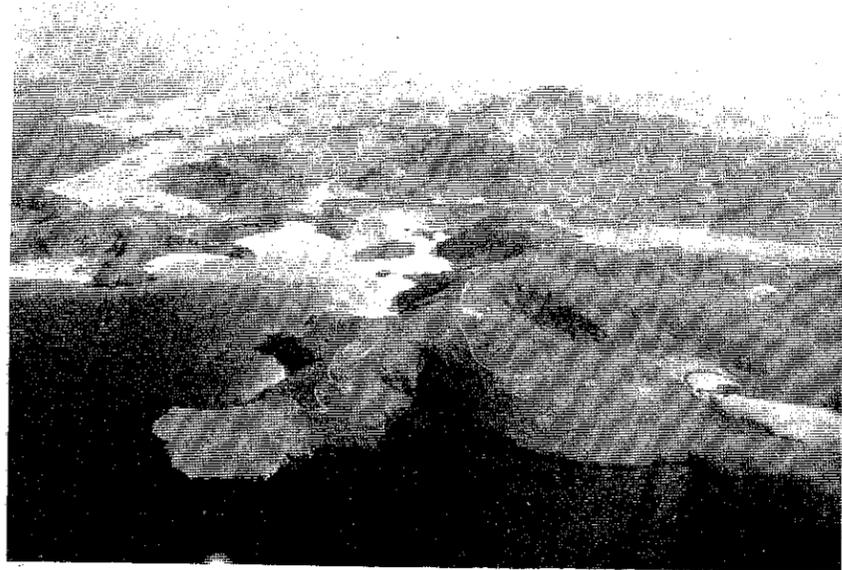
Ecosistema de los manglares

Acaba de entrar Marcela Espinosa, otra joven y activa investigadora del CIB. También egresada de la UNAM y asimismo decidida a vivir en La Paz porque se entusiasma con el ecosistema de los manglares y porque además, y no es ésta la menor de sus razones, "todas las horas que en México se pasa uno embutido en el tráfico, aquí se las puede uno pasar en Pichilingüé, una playa cercana de agua cristalina". Una vista del litoral de Baja California Sur es muy instructiva. Se puede apreciar, además de la belleza del paisaje y la importancia de los manglares, cómo la mala planeación urbanística está acabando con ellos. "El Manglar de Enfermería, donde teníamos costumbre de trabajar, se está muriendo lentamente porque se hizo pasar la ca-

rrera entre él y el mar, cortando así prácticamente toda clase de suministro de agua salada, sin lo cual ningún mangle puede vivir. Eso significa la muerte de los árboles, la desaparición de los patos, grullas, etcétera, así como una importante fauna acuática, y además, el fin de un criadero natural para toda clase de moluscos que crecían muy a gusto en estos pequeños esteros bordeados por manglares."

Los estudiantes-investigadores que forman el grupo que dirige Marcela se acercan, llevan un traje de campo de aspecto algo militar, acarreamos todo un equipo que comprende desde aspiradoras y diversas clases de filtros, hasta palas y cubetas. Quince minutos después estamos en un estero levantando sedimentos que servirán para el estudio granulométrico, tipológico y geográfico de los fondos de este estero.

"Además, estudiamos la materia orgánica que se encuentra en los sedimentos. Queremos relacionar comunidades bentónicas, existentes en cierto tipo de sedimentos, y el tipo de sedimentos con materia orgánica en una misma estación. El proyecto de estudio se va a desarrollar durante tres años. Por el momento estamos clasificando los organismos que viven en los manglares de la bahía de La



Vista aérea de esteros con manglares, bahía de La Paz



Muerte de un manglar por construcción de la carretera, en el manglar de Enfermería

Paz, hasta ahora totalmente desconocidos: cuáles son, su abundancia y su distribución a lo largo de un ciclo anual, a la vez que los factores que teóricamente influyen en el establecimiento de tales comunidades: sustrato, temperatura, salinidad, pH...

"El primer año se estudió el panorama general, reconocimiento, localización y dinámica de los esteros durante un ciclo normal. Actualmente tratamos de establecer las cadenas alimenticias en tres esteros con características diferentes. Vemos desde el aporte de materia orgánica de la comunidad de manglares hasta el pez

crecido que regresa al mar. O sea, todo lo que ocurre en un manglar sin olvidar el zoo y fitoplancton o diferenciar las especies que nacen en el manglar y allí se desarrollan y las cuales son sólo huéspedes temporales que entran con las mareas y vuelven a salir con ellas. El estudio comparativo se articuló sobre los esteros de Enfermería, Balandra y Zacatecas, cuyas condiciones internas son diferentes porque es distinto el ancho de la boca que las abre al mar y porque dos de ellos han sufrido los efectos de la actividad humana."

Marcela quisiera poder evaluar to-



Recolección de sedimentos marinos con muestradora automotora

das las zonas de manglares de Baja California Sur para poder establecer cuáles son más favorables para maricultivo; "quisiera participar en la divulgación de la importancia que tiene no destruir un manglar donde muchas especies marinas vienen a desovar, donde viven las jaibas y los ostiones de manglares, incluidos los nutrientes que salen de los esteros. Estos nutrientes forman el 80% de las pesquerías costeras. Al destruir un manglar para instalar un complejo turístico o industrial, como se hizo a lo largo de 15 km al norte de La Paz, además de dañar el paisaje, se pone en peligro la actividad pesquera."

Ecología y biología marina

El ostión se alimenta de ciertas plantas, el caracol de ostiones y la estrella de mar de caracoles. Plantas marinas, ostiones, caracoles y estrellas forman una cadena alimenticia. Conocer la cadena alimenticia de ciertas especies permitirá ayudar en el futuro, a la especie comercialmente más importante, a sobrevivir eliminando a las poblaciones no deseadas.

"Porque en un futuro próximo —dice Timothy Brand— cuando La Paz crezca, lo que no va a tardar, será interesante conocer ya las comunidades marinas de La Paz, cuáles son las más notables y poder determinar qué



Recolección de sedimentos marinos con muestradora automotora



Trabajo con el monitor

tipo de contaminación industrial puede o no afectar el desarrollo de las comunidades marinas y por repercusión la pesca. De esta manera, se podrá planear el crecimiento de la ciudad, evitando la contaminación del mar; lo que permitirá ahorrar los millones de dólares que, por ejemplo, se gastan en San Francisco para limpiar su bahía. También es bueno elaborar un mapa del estado actual del litoral, a lo largo del cual todavía no ha habido demasiada intervención humana. Además, me llamó la atención que los pescadores de aquí sacan entre cien y mil almejas todos los días del año sin preocuparse jamás de las épocas de reproducción. Nuestro estudio podría también servir para establecer tiempos de veda."

En el Departamento de Biología Marina hay cuatro programas de estudios de comunidades bentónicas: en un estero, en una isla y en dos lugares de la costa. Estos trabajos servirán para completar un estudio ecológico y poder planear bien el crecimiento de la ciudad.

Timothy viene de San Francisco; su tesis la hizo sobre comunidades bentónicas de la Antártida, "mucho frío, mucho hielo; mucha oscuridad". Le fascinó la idea de poder realizar un estudio comparativo sobre la fauna marina en una región donde hay "mucho calor, mucha luz, mucha agua tranquila". Las dos regiones son diferentes pero no han sufrido muchos cambios producidos por



Estudio de sedimentos marinos y recolección de sedimentos bentónicos, a través de tamices

la mano del hombre. El científico norteamericano ya encontró una diferencia entre los "animalitos". Los de la bahía son selectivos en su comida en tanto que en la Antártida comen de todo; aquí son activos y tienen comida todo el año, y allá encuentran comida sólo por una temporada y el resto del año se la pasan durmiendo.

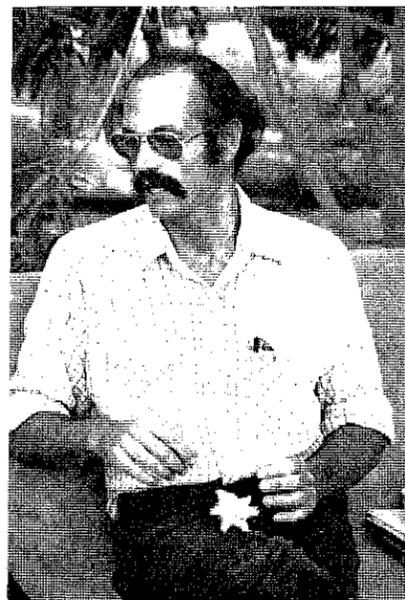
Aun cuando esta investigación es reciente, existen suficientes diferencias y similitudes para poder realizar un excelente estudio comparativo además del de la cadena trófica que sirve de base alimenticia a las 20 especies de invertebrados del fondo que le interesan al oceanólogo.

Timothy vigila con cuidado y ayu-

da a sus colaboradores a quitarse los plomos y los tanques de oxígeno. Con precisión y calma, indica cómo guardar el equipo porque en el Centro imparte, además, clases de buceo y de manejo de lancha.

La sierra

Cuando dos jóvenes barbudos, Fermín Reygadas y Guillermo Velázquez, llegaron en sus bicicletas al Centro de Investigaciones Biológicas, a mediados de un caluroso mes de junio, y pidieron una beca para estudiar asentamientos humanos en la



Timothy Brand



Fermín Reygadas

Sierra de la Laguna, Córdoba sonrió con buen humor y pensó: "¿Por qué no ponerlos a prueba?" Puso sus condiciones y los dos pasantes de arqueología se mudaron a la cima del cerro, en el frío y la soledad, para aprender botánica y buscar rastros de antiguos grupos de indígenas pericúes.

"Existían investigaciones arqueológicas en la zona de la playa pero no en la de la sierra. Empezamos haciendo interpretación de fotos aéreas. En 1977 habíamos estudiado 85 manchas de vegetaciones que correspondían a 674 hectáreas situadas a más o menos 1 000 metros sobre el nivel del mar, con 18° de temperatura y 700 milímetros de precipitación fluvial. El principio fue muy duro, hemos pasado varios ciclones y sobrevivido. Ahora, en comparación, vivimos casi en el lujo. Establecimos una base en Santiago, a 100 km al sur de La Paz: un cuarto para dormir, una cocina y una biblioteca con libros que puedan interesar a la gente del pueblo. Completamos esta base con un pequeño centro meteorológico que nos indica la presión atmosférica, dirección y velocidad del viento, temperatura... en fin, datos básicos que nos sirven para comparar los datos que obtenemos con los de la Sierra y también para conocer, unas horas antes, la llegada de un ciclón. Tenemos otra base a media subida para cambios de

mula, y ya conocemos los aguajes. Otro compañero, León, está haciendo cálculos de productividad primaria de la vegetación en diferentes niveles; Sandra, mi esposa, que es geógrafa, calcula cuánta energía hay depositada en el suelo. José Alfredo Gutiérrez, que es químico, estudia el agua de la lluvia y de los arroyos. Como el doctor Córdoba vio que podíamos sobrevivir en condiciones, pues... realmente precarias, se decidió a aumentar nuestro grupo. Pronto se unirán a nosotros otros dos investigadores para estudiar a las aves y a los mamíferos del bosque y, más tarde, a los insectos", explica Fermín con cara y voz al estilo Fidel Castro.

Guillermo, para quien los madroños, las yucas, los guayabillos, los palos verdes o blancos ya no tienen secretos, alisándose con la mano un cabello largo y lacio, prosigue con voz tranquila: "nos interesan los asentamientos humanos prehispánicos y también entender el sistema de vida de estos recolectores y cazadores. Por lo tanto estudiamos la producción de frutas, bellotas y piñones del bosque y las leyes que rigen los desplazamientos del venado, o sea el ecosistema que debe de haber influido en el modo de vida de los pericúes de la selva caducifolia. Ya hemos encontrado varios dormitorios que probablemente sirvieron de graneros durante el invierno; encontramos restos

de una hornilla, quizá de jesuitas, otro lugar con muchos pedernales, que consideramos podría ser un lugar de entierro. Pero por el momento sólo estudiamos el ecosistema; esperamos que las excavaciones serán para un futuro no demasiado lejano. Nos dedicamos a realizar un estudio ecológico muy amplio de la zona con el fin de llegar a establecer un balance energético, o sea cuantificar la energía solar y calcular cómo se reparte la energía que el bosque recibe en las plantas, los animales, el hombre, la lluvia, etcétera. Este balance permitirá predecir el porvenir de este bosque."

La finalidad de los trabajos de los arqueólogos es proponer que la Sierra de la Laguna se convierta en reserva biótica en la que no se construyan carreteras, salvo una para las rancherías.

Mamíferos marinos

Sobre una estantería, colocados entre libros de oceanografía, destacan varios cráneos blanqueados por el tiempo y el sol, que a primera vista no son identificables. La mitad de ellos presenta una fuerte cresta occipital, los otros no; todos tienen maxilar superior dotado de fuertes caninos.

"Son lobos marinos —aclara David Aurióles, originario de Puebla y desde hace dos años jefe del grupo de estudio sobre comportamiento de mamíferos marinos—, esta cresta es la que permite, desde lejos, reconocer a los machos de una comunidad".

Después de un congreso sobre mamíferos marinos resultó claro para David que a partir de ese momento todo su tiempo lo dedicaría al estudio de estos animales. Supo convencer al doctor Córdoba que si zoólogos norteamericanos habían recolectado datos, éstos eran sólo sobre lobos que vivían del lado del Pacífico, pero que no se sabía nada sobre poblaciones que debían existir en el Mar de Cortés; que esta ausencia de información pedía que alguien se interesara en los *Zalophus californianos*. El doctor Córdoba mandó al joven entusiasta a trabajar por una temporada con un especialista en mamíferos marinos a los Estados Unidos, y en 1977 lo dejó



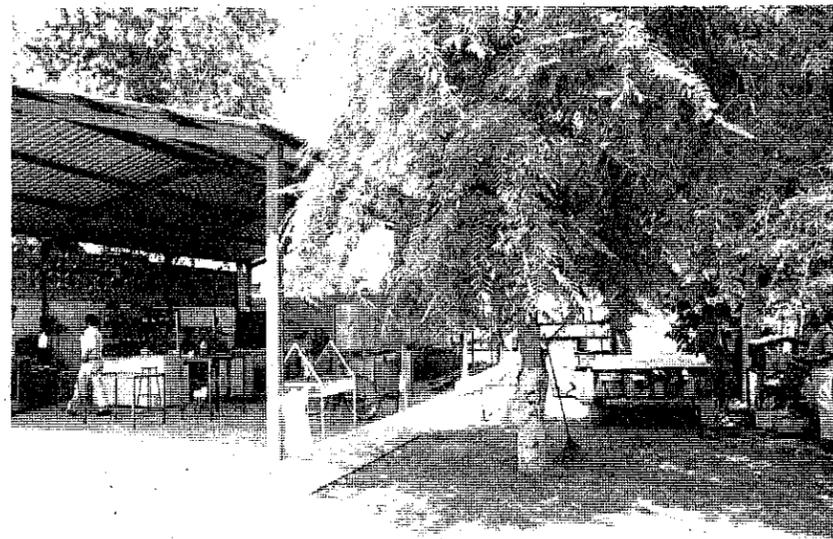
Marcos Otazo estudiando la carotena en un molusco



David Aurióles estudiando cráneos de lobos marinos

empezar a estudiar "sus lobos". En un lapso de dos años los jóvenes estudiantes-investigadores habían acumulado una impresionante serie de datos que pudieron presentar en el IV Congreso sobre Mamíferos Marinos en La Paz.

"Primero localizamos el habitat de los lobos gracias a la ayuda de los pescadores; después empezamos el conteo de los individuos. Escogimos la isla del Espíritu Santo, adonde vamos regularmente a observar la población de lobos que sólo comparten la rocosa isla con algunas gaviotas. Ya conocemos la época del apareamiento, los once meses de embarazo, el tiempo de amamantar, el largo y el peso de los animales según su edad y el sexo, el harem formado por un macho adulto y seis o siete hembras; cómo se desplazan; la manera que tienen de dormir en el sol hasta secarse totalmente y casi parecer muertos... Yendo dos veces a la semana a la isla, en julio-agosto, época de reproducción, pudimos levantar un censo muy preciso; determinar cómo se divide la población en la época de reproducción, el grupo de los participantes y el grupo de los contemplativos; de los ancianos machos y de las hembras jóvenes. Hemos empezado experimentos con diferentes tipos de música y ruidos. Aparentemente escuchan la Obertura 1812 de P. I. Tchaikovsky con mayor interés que la Romanza para violín y orquesta de L. van Beethoven. Ahora queremos marcarlos para poder estudiar el movimiento de los lobos de una isla a la otra. Nuestra ambición es lograr un estudio detallado de todas las comunidades de Zalo-



Laboratorio

phus californianos del Golfo de California."

David está realmente entusiasmado, como todos los demás jefes de proyecto del CIB, a pesar de las dificultades que encontró en un principio, porque haber vivido en Puebla toda su adolescencia no le dio para nada las bases de un investigador con el pie marino.

Antes de abandonar la bien denominada ciudad de La Paz y su Centro de Investigaciones Biológicas y dejarlos proseguir sus investigaciones en el ambiente más propicio, nos despedimos del doctor Córdoba con una última pregunta:

—¿A un estudiante de la Facultad de Ciencias que terminó la licenciatura, al que le gusta el mar, qué le aconsejaría usted?

—Le diría esto: vaya a La Paz a tomar los cursos de verano en el Centro de Investigaciones Biológicas. En 1980 ya estará en marcha la Escuela de Verano. Nuestra intención es invitar a un grupo de profesores de México y del extranjero para que den conferencias y pláticas a nivel básico sobre temas marinos. El curso se concluirá con una serie de actividades marinas como coleccionar y clasificar conchas, aprender a bucear, a manejar una lancha, a tomar fotografías submarinas, ir a estudiar los lobos marinos y ballenas, o aprender a conocer el ecosistema de un manglar, entre otras cosas. Esperamos que esto ayude a asentar jóvenes biólogos bien preparados en donde estarán nuestros mejores recursos naturales, el mar, las montañas y el desierto.

Las prioridades educativas

POR MIGUEL ALONZO CALLES

Disminuir el índice de analfabetismo que existe en nuestro país y elevar la calidad de la educación son algunas de las metas que se ha propuesto el Programa Educativo que, para el período 1979-1982, ha implantado el Gobierno Federal



Miguel Alonzo Calles

Partiendo de nuestra realidad actual caracterizada por un enorme rezago educativo y una desigual distribución de la riqueza —tan o más pronunciada en los bienes culturales que en los materiales—, con fundamento en la Constitución de la República y para contribuir al desarrollo del país, la Secretaría de Educación Pública ha precisado un plan educativo para los próximos años.

Se han definido cinco objetivos programáticos de carácter general que constituyen la expresión concreta que orientará la tarea educativa y a partir de la que se establece el programa de acción.

Los cinco objetivos del sector educativo son:

1. Asegurar la educación básica a toda la población.
2. Vincular la educación terminal con el sistema productivo de bienes y servicios social y nacionalmente necesarios.
3. Elevar la calidad de la educación.

4. Mejorar la atmósfera cultural del país.

5. Aumentar la eficiencia del sistema educativo.

El primero consiste en procurar a todos los mexicanos el uso del alfabeto y la educación básica necesaria que les permita mejorar la calidad de su vida.

Con el propósito de contribuir al desarrollo nacional se establece como segundo objetivo la vinculación entre la educación terminal y la producción de los bienes y servicios que el país requiere.

Paralelamente a la extensión del servicio educativo se requiere elevar su calidad con contenidos y métodos adecuados, mejores planes y programas de estudio, material didáctico e instalaciones y sobre todo con maestros cada vez más capacitados.

Se busca con el cuarto objetivo contribuir con otros sectores a mejorar el nivel cultural del país. Una distribución más justa de los bienes y servicios culturales y la difusión de contenidos de calidad propiciarán

que la población reconozca y exija contenidos de mayor nivel.

Los recursos que se destinan a la educación son siempre limitados, por ello es ineluctable conseguir un uso eficiente de los mismos para incrementar los logros y asegurar el buen uso de los fondos adicionales que deberán asignarse en el futuro.

De cada uno de los objetivos programáticos se han derivado objetivos específicos que se alcanzarán desarrollando diversas actividades. Agrupando actividades homogéneas se definen los programas. Así, un programa es un conjunto de actividades que persiguen un fin común que se expresa como una meta en el espacio y en el tiempo.

Cada programa tiene un responsable que establece la meta a que se compromete y determina los recursos requeridos para lograrla.

Para aproximarse en forma permanente a los cinco objetivos se han definido 52 programas, de los cuales doce se consideran prioritarios. Las

prioridades se han asignado con el propósito de prestar mayor atención a los problemas más apremiantes. La jerarquización es dinámica y no significa descuido del resto de los programas; presupuestalmente se actúa sobre los incrementos.

Describiré en los párrafos siguientes los doce programas prioritarios agrupados en cada uno de los cinco objetivos programáticos.

1. *Asegurar la educación básica a toda la población.*

La búsqueda de justicia social en materia educativa, que plantea la igualdad de oportunidades para todos los mexicanos, tiene su marco jurídico en el Artículo 3o. constitucional y cuenta con el consenso nacional de su validez, y desde 1917 todos los regímenes políticos se han propuesto extender la educación primaria entre toda la población. Sin embargo, pese a lo anterior, más de un millón de niños en edad escolar no tuvieron acceso a la educación primaria en 1978, y el número de quienes la terminaron fue menor a la mitad de los que habían ingresado seis años antes. Así, el precepto constitucional de obligatoriedad de la educación primaria debe entenderse como un objetivo que a más de 60 años de haberse establecido ha logrado importantes avances, pero cuyo cabal cumplimiento es imposterable; debemos traducir el propósito en un programa concreto de acción que implique un compromiso a un plazo que necesariamente deberá ser corto.

Con el programa "Asegurar la primaria completa a todos los niños" se pretende lograr que para septiembre de 1980 todo aquel padre que lo desee pueda enviar a sus hijos a la escuela. La meta incluye también el aumento en un 75% de la eficiencia terminal en quienes ingresen para esa fecha. Para lograrlo se requerirá continuar el esfuerzo iniciado en 1978, el cual permitió que la hasta entonces permanente cifra de 2 millones de niños sin escuela disminuyera a 1.2 millones, y esta última, a su vez debió bajar a menos de 500 mil en septiembre de 1979.

La lejanía de las comunidades y la dispersión de la población son algunos de los obstáculos más difíciles

que habrán de ser vencidos. Entre las acciones a desarrollar en los próximos meses destacan: el establecimiento de cursos comunitarios en poblaciones con ocho o más niños, la construcción y operación de albergues escolares, y el pago de compensaciones a maestros rurales para completar escuelas unitarias.

Los seis millones de mexicanos indígenas con sus 150 lenguas distintas, además de su gran variedad de costumbres y manifestaciones culturales, permanecen al margen del resto de la sociedad, es por esto que la educación primaria bicultural y bilingüe debe llegar a todos los niños indígenas. El programa "Castellanizar y proporcionar la primaria bilingüe a la población indígena" se propone como meta, para 1982, la enseñanza

En 1978 más de un millón de niños en edad escolar no tuvieron acceso a la educación primaria y el número de quienes la terminaron fue menor a la mitad de los que habían ingresados seis años antes

de la lengua castellana a todos los niños indígenas entre 5 y 7 años para que puedan posteriormente cursar la primaria bilingüe. No se trata de sustituir la lengua vernácula, sino de complementarla. Para atender adecuadamente a una población monolingüe de alrededor de un millón de personas, es preciso continuar la capacitación de instructores bilingües, elaborar libros y otros materiales didácticos en lenguas autóctonas, adecuar albergues existentes e instalar otros nuevos, experimentar e implantar métodos según las características de los grupos étnicos, y suministrar servicios educativos para adultos.

El tercer programa prioritario en este primer objetivo de justicia social es el destinado a la población adulta (en forma convencional, en educación se considera adulto a toda persona que ha cumplido 15 años de edad). En 1979, seis millones de mexicanos adultos —sin considerar a la población indígena— no sabían leer ni escribir; otros trece millones no habían terminado su educación primaria y siete más no concluyeron la secundaria. ¿Puede concebirse un rezago mayor que la tercera parte de la

población del país sin educación básica? ¿Podremos realizar inversiones productivas con los excedentes económicos del petróleo, sin hombres capacitados?

El programa de educación para adultos se ha concebido en dos etapas: durante la primera se atenderá el rezago educativo en ocho años y se consolidará un sistema eficiente, y en la segunda se atenderá permanentemente a quienes no puedan incorporarse al sistema formal. Dada la desproporción entre demanda y recursos, los sistemas abiertos pueden ser la solución, ya que parten de la capacidad del propio educando de aprender por sí mismo y de su interés por hacerlo.

Las metas del programa "Dar a la población adulta la oportunidad de

recibir la educación básica (primaria o secundaria) o completarla en su caso" consisten en: a) para 1982, reducir a un 10% el analfabetismo de la población adulta (en la actualidad es de 20%, aproximadamente), y b) lograr que el número de personas incorporadas a los servicios de educación de adultos en 1982, más las que hayan acreditado los ciclos de primaria y secundaria (entre 1979 y 1982) asciendan a 3 y 2 millones, respectivamente.

2. *Vincular la educación terminal con el sistema productivo de bienes y servicios social y nacionalmente necesarios.*

Para aprovechar mejor nuestros recursos naturales y elevar el crecimiento económico, será necesario vincular la educación terminal con el sistema productivo, teniendo que ser capaces de utilizar eficientemente los recursos para que la formación de los egresados concuerde, en calidad y número, con las necesidades nacionales, regionales y locales.

En la educación superior padecemos graves problemas, señalaré solamente dos: paradójicamente, en algunos campos sobran profesionales

Estudios de Posgrado en Canadá

ESPECIALIDADES DE MCGILL:

La Universidad ofrece cursos de posgrado en casi todas las especialidades; sobresale en las siguientes: Agronomía, Biología, Bioquímica, Ciencias biomédicas, Física, Francés, Ingeniería, Matemática, Meteorología, Parasitología y Psicología, y Química.

CONDICIONES DE INGRESO:

Licenciatura en alguna especialidad, y conocimiento adecuado del inglés.

DURACION DE LOS ESTUDIOS:

Los estudios de maestría duran en promedio dos años, y los de doctorado un mínimo de cuatro (incluyendo la maestría).

COLEGIATURA:

Aproximadamente Can. \$ 1 500 por año.

COSTO DE VIDA: Un mínimo de Can. \$ 4 000 por año.

VIVIENDA:

La Universidad dispone de habitaciones y departamentos para estudiantes solteros y casados. Deben solicitarse con mucha anticipación.

RECOMENDACIONES:

Se recomienda inscribirse a más tardar en diciembre, e instalarse en Montreal en junio o julio para practicar el idioma.



Informaciones y solicitud de ingreso: escribir a la Faculty of Graduate Studies and Research McGill University 853 Sherbrooke Street West, Montréal, P.Q. H3A 2T6, Canadá

mientras que en otros faltan. De continuar las tendencias actuales, algunos estados de la federación requerirán 100 años para alcanzar el promedio nacional actual, de atención a jóvenes entre 20 y 24 años de edad.

De acuerdo con la Ley de Coordinación para la Educación Superior, y por el programa prioritario del sector educativo, se ha puesto a funcionar el mecanismo de planificación permanente que establecerá metas institucionales, estatales, regionales y nacionales, el cual permitirá un aprovechamiento más racional de los recursos financieros y humanos dedicados a formar los cuadros técnicos y profesionales.

El trabajo de planificación está a cargo de funcionarios de la educación federal y estatal, así como de los propios rectores y directores de universidades e institutos superiores del país. A fines de 1978, en la XVIII Reunión de la Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Enseñanza Superior (ANUIES), llevada a cabo en Puebla, se aprobó el documento "Plan Nacional de Educación Superior", que constituye la primera etapa del esfuerzo de racionalización.

El bajo reconocimiento que en nuestro país se da a las profesiones que carecen del título de abogado, ingeniero, arquitecto, doctor u otros de igual abolengo, aunado a las reducidas opciones educativas que se ofrecen a los egresados de secundaria, ha provocado que en la actualidad egresen de los plantel educativos más profesionales con licenciatura que profesionales técnicos de nivel medio superior, pese a que la estructura laboral del país requiere lo contrario.

Para corregir la desproporción existente entre la demanda de técnicos de nivel medio y la escasa oferta de éstos, se busca: aumentar de 9% a 20% la proporción de quienes optan por carreras terminales de nivel medio superior, lograr que la relación entre inscritos y egresados llegue al 70%, y elevar el reconocimiento social de este tipo de carreras.

La tarea principal de este programa consiste en el fortalecimiento y expansión del sistema de educación terminal, a través de la creación de planteles de educación profesional técnica, en los que el proceso de formación se encuentre estrechamente

relacionado con el sector productivo (público y privado) de bienes y servicios.

3. Elevar la calidad de la educación

Además de buscar la justicia social extendiendo el servicio educativo a toda la población, se debe mejorar paralelamente la calidad de la educación. Es necesario asegurar a quienes estudian no sólo la adquisición de hábitos, sino también la formación de actitudes y el desarrollo de habilidades con las que logren mejorar sus vidas.

La calidad de la educación depende primordialmente de los maestros. De los siete programas que corresponden al tercer objetivo sólo tres son prioritarios, de ellos dos se refieren a la formación de los maestros. El primero consiste en "Impulsar la formación superior y la investigación pedagógicas en la Universidad Pedagógica Nacional". Esta institución, que empezó a funcionar recientemente, permitirá complementar el sistema de formación de maestros en servicio, con el propósito de atender para 1982 a 18 000 alumnos en cuatro de sus planteles (en el Distrito Federal y en tres Estados), y aproximadamente a 80 000 maestros a través de la educación a distancia.

Como una consecuencia del enorme crecimiento demográfico y de la ampliación y multiplicación desordenada del número de escuelas normales, en los últimos años ha disminuido la calidad del personal docente. Es por esto que el programa "Elevar la calidad de la educación normal" se propone, para 1982, que el número y la calidad de los egresados de normales federales, estatales y particulares corresponda a las necesidades del sistema educativo nacional.

La necesidad de que los contenidos educativos propicien en el educando el reforzamiento de la identidad nacional y el conocimiento de la realidad local, así como la escasa consideración que se hace en los libros de texto de las características regionales y la estrecha vinculación que requieren los niveles básico y normal, son elementos que condujeron a establecer como prioritario el programa de "Contenidos y métodos educativos".

La tarea de revisar contenidos y métodos, planes y programas de estudio, técnicas pedagógicas y otros materiales didácticos, debe ser permanente, con tal propósito se estableció el Consejo de Contenidos y Métodos Educativos, el que cuenta con una dirección como órgano operativo. Para desarrollar los estudios necesarios se conformaron las tradicionales áreas de español, matemáticas, ciencias sociales, ciencias naturales, educación tecnológica, educación artística y educación física. También se establecieron tres nuevas áreas: la primera para analizar y proponer los contenidos que permitan a los educandos mejorar sus condiciones de salud; la segunda para conocer la historia, la geografía y los recursos de su Estado, y la tercera para que el educando aprenda, guiado por el maestro, a conocer su localidad a través de la investigación.

La meta del programa consiste en revisar (con la participación de los maestros especializados) los contenidos, los métodos, los planes y los programas de educación básica y normal, para implantarlos a partir de 1980.

4. Mejorar la atmósfera cultural del país

La educación cumple, entre otras, con la función de enseñar a leer y escribir, y en el mejor de los casos forma el hábito de la lectura, pero ¿de qué manera se preservan estas habilidades? Si tomamos en cuenta el reducido número de bibliotecas, librerías y publicaciones en México, deducimos que sólo unas cuantas personas tienen la costumbre de leer. Sin embargo, al enterarnos de que en promedio cada mexicano lee semanalmente una publicación como *Kalimán*, *Lagrimas y Risas*, *Capulina* o cualquiera de sus aproximadamente treinta equivalencias entendemos cuál es la forma en que se garantiza el hábito de la lectura y quiénes han disfrutado de sus beneficios. Promover el hábito de la lectura de publicaciones de buena calidad debe ser, sin duda, una prioridad educativa. Las publicaciones de buena calidad deben producirse a precios accesibles. Tiene que incrementarse la eficiencia en la distribución de los libros, así como aumentar la cantidad de bibliotecas y

unidades culturales en donde se fomente la lectura.

5. Aumentar la eficiencia del sistema

Para conseguir las metas es necesario obtener los recursos que cada programa precisa. Además de los recursos humanos, financieros y materiales, se requiere establecer mecanismos que aseguren disponer de ellos en el lugar adecuado, en la cantidad suficiente, y con la oportunidad requerida.

Quince programas agrupan las acciones destinadas a apoyar la tarea educativa, y tres de ellos son priorita-

ción del poder, podrá asegurarse el aumento de la eficacia y la eficiencia. Es por esto que de acuerdo con el segundo programa prioritario se establecieron, en mayo de 1978, las 31 Delegaciones Generales de la Secretaría de Educación Pública en los Estados federativos. En 1979, se operaron en forma desconcentrada 16 programas, y varias funciones administrativas quedaron a cargo directamente de las delegaciones. Este es un proceso en el que se avanza satisfactoriamente, y se pretende lograr que en 1982 las oficinas centrales ejerzan la normatividad y la supervisión de las acciones, además de que las dele-

Además de buscar la justicia social extendiendo el servicio educativo a toda la población, se debe mejorar paralelamente la calidad de la educación

rios: "Implantar sistemas que eleven la eficiencia de la acción educativa", "Desconcentrar las decisiones y los trámites administrativos" y "Racionalizar la administración de los recursos humanos".

El primer programa prioritario se refiere a la organización administrativa del sector educativo, incluyendo sus relaciones internas y su vinculación con otros. Su orientación la establece la Reforma Administrativa emprendida por el actual gobierno, y se propone lograr la organización del sector que permita ejecutar las acciones con eficiencia y conseguir los resultados deseados.

La excesiva centralización que en otros tiempos pudo justificarse, ha representado en los últimos años uno de los mayores obstáculos para operar eficientemente los servicios educativos. La concentración en las oficinas centrales ocasionaba que frecuentemente se tomaran decisiones fuera de contexto. Los funcionarios federales distribuidos por el país, dependiendo de diferentes oficinas centrales, sin comunicación entre ellos, a más de la obligada "firma" del titular en la capital, produjeron una marcada concentración del poder con todas sus consecuencias. Solamente con la toma de decisiones en el lugar más cercano a donde ocurren los hechos, la simplificación de los trámites y la consecuente distribu-

gaciones estatales coordinen y operen el servicio educativo nacional en las entidades federativas.

El sector educativo, compuesto por medio millón de trabajadores, obliga a una operación eficiente de sistemas y procedimientos que permitan asegurar a cada empleado su correcta ubicación tomando en cuenta sus capacidades, intereses y posibilidades de desarrollo; además de proporcionarle al sistema las personas que garanticen el buen desempeño de sus funciones. Considerando esto, el programa "Racionalizar la administración de los recursos humanos" se propone para 1981 integrar normas, organización, información y procedimientos que permitan el aprovechamiento pleno de los recursos humanos del sector, desde cada unidad de adscripción.

Conclusiones

Como señalé anteriormente, la jerarquización en los programas obedece a la limitación de los recursos y a la necesidad de resolver los problemas más apremiantes. Conforme se avanza en los programas prioritarios, algunos dejarán de serlo y otros se agregarán a la lista. Los que pueden cobrar relevancia en los próximos meses son los relacionados con la educación preescolar, la secundaria y

la investigación educativa. Cabe señalar que en este último aspecto, en cada uno de los programas —especialmente los prioritarios— se incluyen diferentes proyectos de investigación. En el programa de investigación educativa se han englobado las acciones que buscan establecer la realización conjunta de proyectos, entre quienes toman las decisiones y quienes investigan.

Para cada uno de los programas restantes se han establecido metas que representan compromisos del sector educativo (conviene mencionar que éstas sólo podrán lograrse con la participación de todos los implicados en la tarea educativa).

El proceso iniciado con el establecimiento de programas, prioridades y metas, requiere de un seguimiento y evaluación permanentes. Convencionalmente, la eficacia es una relación entre las metas establecidas y los resultados obtenidos, mientras que la eficiencia es una medida entre los resultados y el esfuerzo realizado. La evaluación es una actividad de juicio, ordenamiento, investigación y orientación que proporciona las bases que posibilitan la toma de decisiones, ajuste o redefinición de las actividades y los proyectos.

En la actualidad se mide permanentemente la eficacia y la eficiencia, con base en el presupuesto anual asignado y con la información estadística sobre matrícula, costos y otros indicadores. En cuanto a los efectos individuales y sociales a mayor plazo, se han iniciado tareas de seguimiento y proyectos de investigación específicos. Así, además de realizar la evaluación tradicional de conocimientos en la educación básica, se ha comenzado a evaluar el desarrollo de habilidades y la formación de actitudes. El seguimiento de egresados es aún incipiente y algunos otros aspectos requieren de investigaciones profundas y permanentes. Por el momento se ha iniciado un proyecto de investigación sobre evaluación educativa.

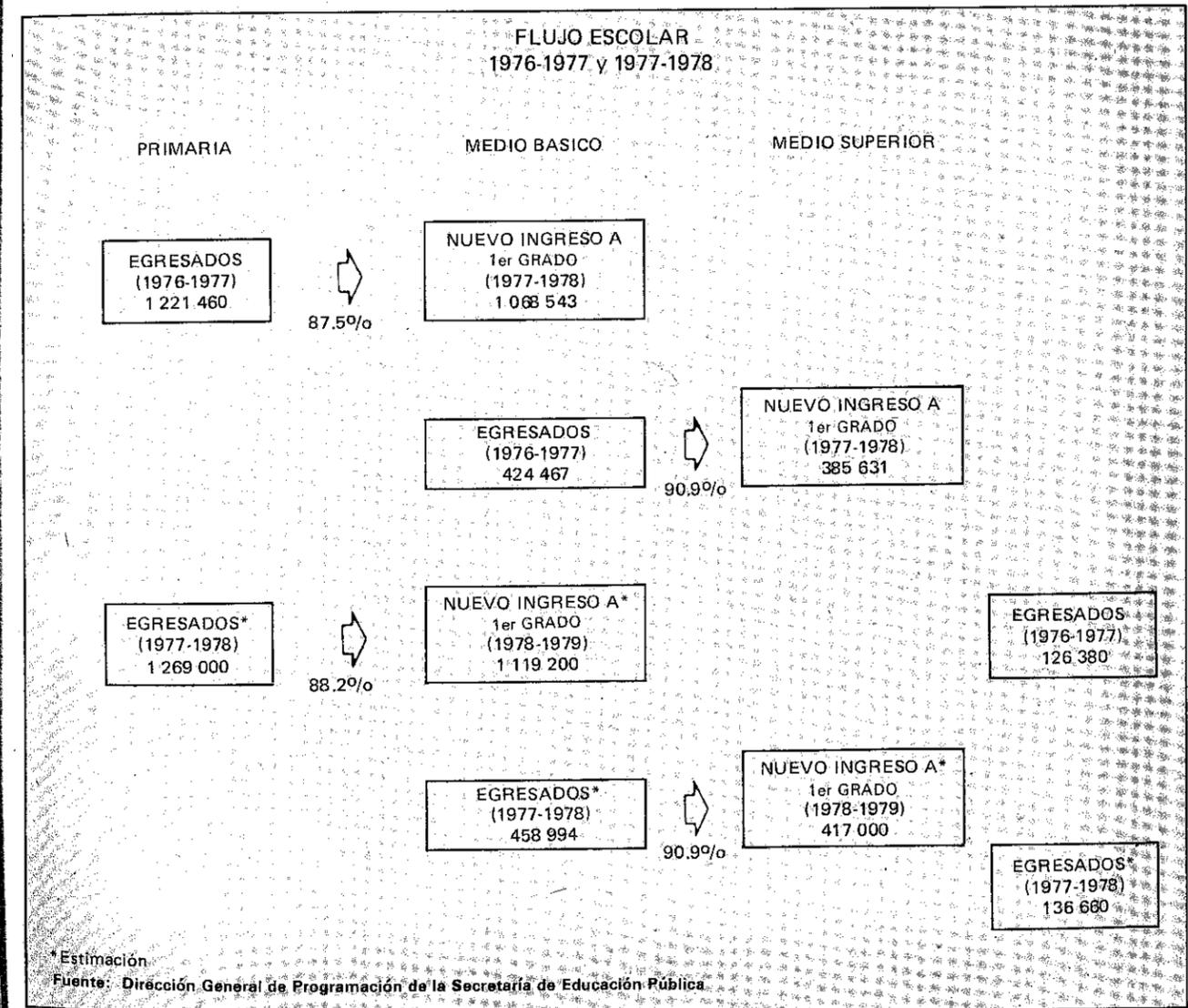
La definición de las prioridades dentro del programa educativo para los próximos años busca la consolidación de un sistema educativo que reduzca los problemas apremiantes y permita imprimir a las acciones educativas un carácter renovador y de vanguardia.

NECESIDADES DE EDUCACION DE LA POBLACION ADULTA (MAYOR DE 15 AÑOS)	
Analfabetos	6 millones
No han terminado la primaria	13 millones
No han terminado la secundaria	7 millones
Indígenas monolingües	1.2 millones
Total	27.2 millones, (éstos constituyen el 71% de la población mayor de 15 años).
Además, cada año 200 000 jóvenes cumplen 15 años sin saber leer ni escribir.	
Fuente: Dirección General de Programación de la Secretaría de Educación Pública	

INDICADORES DEL SISTEMA EDUCATIVO (Porcentajes)				
CONCEPTO	1970-1971	1976-1977	1977-1978	1978-1979*
Atención del Sistema Educativo (respecto a la población 4-24)	45.0	52.4	52.8	53.9
Alfabetismo (respecto a la población 15 años y más)	75.2	80.4	81.4	82.4
Atención a la demanda potencial en Preescolar (respecto a la población 4-5)	12.2	16.0	16.8	17.6
Atención a la demanda potencial en Primaria (respecto a la población 6-14)	82.5	89.1	91.0	91.6
Absorción en el Nivel Terminal Elemental de los egresados de primaria	12.8	12.8	11.6	11.6
Absorción en el Nivel Medio Básico de los egresados de primaria	62.3	78.2	75.9	76.6

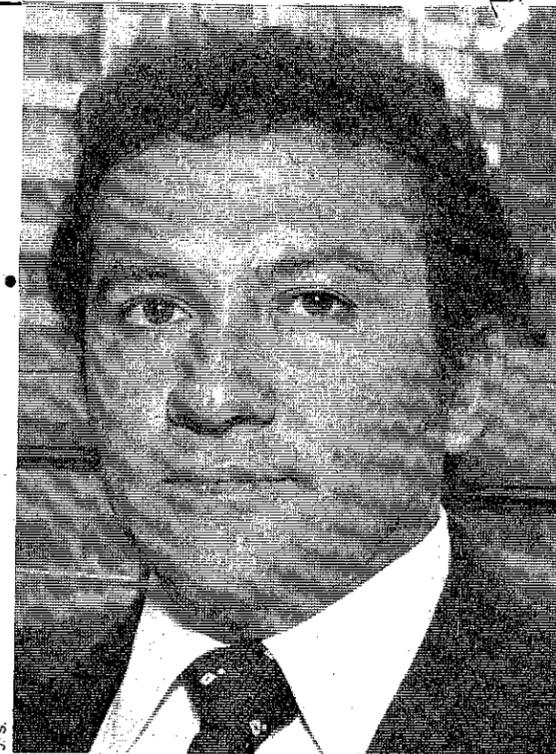
INDICADORES DEL SISTEMA EDUCATIVO (Porcentajes)				
CONCEPTO	1970-1971	1976-1977	1977-1978	1978-1979**
Absorción de los egresados de primaria respecto al siguiente nivel	75.1	91.0	87.5	88.2
Absorción en Terminal Medio de los egresados de Medio Básico	8.2	8.7	8.2	7.4
Absorción en Medio Superior de los egresados de Medio Básico	69.0	71.3	71.0	71.8
Absorción Normal de los egresados de Medio Básico	9.5	11.0	11.7	11.7
Absorción de los egresados de Medio Básico respecto al siguiente nivel	86.7	91.0	90.9	90.9
* Estimación				
** Dirección General de Educación a Grupos Marginados				
Fuente: Dirección General de Programación de la Secretaría de Educación Pública				

MATRICULA ESCOLAR POR NIVEL 1970-1979					
NIVEL	1970-1971	1976-1977	1977-1978	1978-1979*	%
Preescolar	400 138	627 880	659 023	738 300	85
Primaria	9 248 190	12 148 221	12 560 035	13 050 000	41
Terminal Elemental	147 752	244 382	246 884	249 400	69
Medio Básico	1 102 217	2 152 624	2 304 984	2 591 000	135
Terminal Medio	33 861	77 672	74 934	73 500	117
Medio Superior	279 495	652 850	719 016	772 100	176
Normal	55 943	135 981	157 012	168 900	202
Superior	271 275	569 266	609 070	651 700	140
Total	11 538 871	16 608 876	17 330 958	18 294 900	59
Fuente: Dirección General de Programación de la Secretaría de Educación Pública					



La Universidad Pedagógica Nacional. Síntesis de un proyecto académico

POR JOSE ANGEL PESCADOR



José Angel Pescador

La UPN ofrece algunas carreras que actualmente no existen ni en las escuelas normales ni en las universidades del país, y tiene como finalidad elevar el nivel académico de los profesores en servicio y formar profesionales en distintos ramos de la educación

La creación de la Universidad Pedagógica Nacional (UPN) obedeció sin duda alguna a la necesidad imperiosa que enfrenta el país de dar una mayor solidez académica a la formación de profesores, particularmente a los que atienden el nivel de educación básica. Su actividad, se ha dicho en repetidas ocasiones, se orientará a servir directa y eficazmente al mejoramiento de la calidad de la educación.

A continuación, se hace un breve análisis de carácter documental sobre lo que podría denominarse el proyecto académico de la UPN. Se ha recurrido en todo momento a fuentes oficiales, con el fin de presentar una imagen objetiva sobre la institución y facilitar consultas subsiguientes para los interesados en el tema.¹

Antecedentes

Como todo proyecto político importante, la creación de la UPN se vio antecedida por una amplia gama de opiniones encontradas y de escasa fundamentación, producto casi todas ellas de la falta de información y del hermetismo con que se manejaron las discusiones en torno a su instrumentación jurídica. No obstante, había una presencia mayoritaria favorable a la futura institución, encabezada por el propio Presidente de la República, quien en su primer informe de gobierno ratificó el compromiso asumido con los maestros sobre el establecimiento de la UPN, y en el segundo anunció el inicio de labores de la institución.²

Entre marzo de 1977 y diciembre de 1978, funcionaron dos comisiones

del Sindicato Nacional de Trabajadores de la Educación (SNTE) y de la Secretaría de Educación Pública (SEP) para el análisis del problema, y de ellas surgieron dos modelos académico-administrativos radicalmente diferentes; el primero gozó de una amplia aceptación por parte de la organización sindical de los maestros; el segundo, aprobado por el Presidente de la República, se constituyó en el marco jurídico de la Universidad.³

En el mismo período apareció un gran número de notas periodísticas con el mismo tema. De 42 opiniones clasificadas en los principales diarios y revistas, un 48% se mostró abiertamente a favor de la UPN, un 21.4% señaló su inconformidad y oposición al proyecto, y el resto hizo comentarios sin una clara definición.⁴

Mucho se especuló sobre el origen

y los propósitos de la institución nacional, en particular sobre la vinculación con las escuelas normales, la forma de gobierno, los niveles de excelencia académica, los planes y programas de estudio, y la cobertura geográfica.⁵ En estos aspectos fue donde las diferencias entre los dos proyectos se hicieron críticas; y todavía en el momento de anunciar a la opinión pública la creación de la UPN, en los discursos del Secretario de Educación Pública y del Secretario General del SNTE se hacían ver las distintas previsiones sobre la futura evolución de esta Universidad.

Poco tiempo después, estando ya en funciones la UPN, el Secretario General del SNTE envió a todos los maestros del país una comunicación en la que les pedía comentarios, sugerencias y aportaciones para el primer proyecto, lo que revela su insatisfacción con el decreto de creación y la intención de modificarlo en el menor plazo posible.⁶

El 22 de noviembre de 1978, el Rector de la UPN anunció un programa de trabajo que planteaba la incorporación de las licenciaturas de Mejoramiento (22 000 estudiantes), la titulación de todos sus egresados (8 000), la creación de especializaciones de posgrado, una masificación rápida, y la posibilidad de crear las unidades regionales a corto plazo.⁷

Poco después, el Secretario de Educación Pública se presentó en las instalaciones de la UPN para dialogar con los maestros y funcionarios respecto a los objetivos programáticos de la política educativa y la forma en que esta Universidad se ligaba a los mismos, particularmente el que se refirió al mejoramiento de la calidad de la educación.

De esa reunión surgieron las que podrían considerarse tesis fundamentales de la UPN, que subyacen en su programa de trabajo inicial, y donde se plantea que la UPN:

1. Representa la preocupación legítima del magisterio y la respuesta del Estado mexicano para dar a la profesión docente la dimensión social que le corresponde.

2. Es una opción de cambio con la que se pretende vencer la inercia de algunas instituciones dedicadas a la formación de maestros.

3. Responde a los principios esta-

blecidos en el Artículo 3o. Constitucional, en la Ley Federal de Educación y en el marco jurídico filosófico de la política educativa actual. Por ello pugna por una educación integral, científica, democrática, popular y crítica que favorezca la integración ideológica y cultural del país.

4. Implica la voluntad política de transformar la educación a partir de esta misma, para contribuir al desarrollo social y hacer frente a los condicionamientos externos.

5. Se vincula directamente con el objetivo programático de mejorar la calidad de la educación. Busca complementar y no sustituir a las escuelas normales.

La creación de la UPN se vio antecedida por una amplia gama de opiniones encontradas de escasa fundamentación

6. Busca resolver la aparente contradicción entre masificación y excelencia, al mismo tiempo que intenta mantener el más alto nivel académico evitando toda expresión de elitismo.

Profesionalización del magisterio

Una encuesta realizada en 1964 entre los profesores de educación primaria del Distrito Federal, entre otras cosas reflejó que el principal problema de los maestros es el económico. A esto habría que añadir la necesidad que ellos tienen de continuar sus estudios universitarios después de terminar la escuela normal, a fin de tener acceso a un mayor enriquecimiento cultural y de obtener ocupaciones complementarias de mayor remuneración. Los datos mostraron que una tercera parte de todos los profesores que habían culminado sus estudios de normal seguían otra carrera de nivel universitario.⁸ Trece años más tarde, en un sondeo de opinión realizado a nivel nacional entre los profesores de educación primaria y secundaria, se encontraron resultados similares en términos de la remuneración y de las aspiraciones educacionales en función de expectativas ocupacionales superiores.⁹

A los dos rasgos anteriores de iden-

tificación entre los profesores de educación básica, deben añadirse otros como la composición por sexo, las características del estrato social que define al magisterio y, finalmente, el contexto burocrático en el que se da el desempeño profesional. De esta manera se tiene una visión del *status* del maestro mexicano y de la necesidad histórica que se ha planteado resolver para lograr una auténtica profesionalización.¹⁰ Desafortunadamente, el concepto de profesionalización ha sido interpretado en un sentido restrictivo y en función del salario exclusivamente, o en otras ocasiones en términos del nivel educativo donde se realiza el ejercicio profesional.

El actual sistema de enseñanza normal tiene un carácter dual, que supone dos niveles: uno inferior, subprofesional, para formar maestros de primaria; y otro superior, profesional, para formar maestros de enseñanza media. Como el primer nivel es antecedente obligado del segundo (sin ninguna razón lógica ni pedagógica) se repiten los contenidos programáticos, se alarga hasta lo absurdo la formación de los maestros del segundo nivel, se dificulta la unidad de objetivos y se mantiene el magisterio primario en un bajo *status* profesional y económico.¹¹

El juicio anterior ilustra lo dicho renglones arriba, lo que también puede observarse cuando se plantea que la profesionalización de la carrera docente requiere de una mejor remuneración "...ya que actualmente una plaza inicial de maestro tiene un salario más bajo que el de muchos profesores de menor calificación".¹²

La profesionalización, en un esfuerzo de mayor precisión analítica, debe estudiarse por medio de una tipología de ocupaciones de tiempo completo que requieren de un entrenamiento formal proporcionado por instituciones de nivel universitario, y con la relativa autonomía en la práctica profesional aún en el contexto

burocrático al que se restringen ciertas profesiones. En este sentido la UPN enfrenta el problema de una auténtica profesionalización del magisterio nacional, en función de las necesidades del sistema educativo del país.

La UPN ofrecerá algunas carreras que actualmente no existen ni en las escuelas normales ni en las universidades del país... y tendrán por objeto ofrecer preparación a todos los maestros que quieran explorar nuevos rumbos educativos. Se trata de elevar el nivel académico y profesional de los docentes en servicio y de formar especialistas en distintos ramos de la educación.¹³

La profesionalización de la carrera docente requiere "...del salario profesional, ya que actualmente una plaza inicial de maestro tiene un salario más bajo que el de muchas profesiones de menor calificación"

Planes y programas de estudio

La formación de profesores en México se realiza actualmente en las 380 escuelas normales del país con una inscripción aproximada de 168 900 estudiantes, atendidos por 15 800 profesores de los cuales el 78% está profesionalmente calificado. Las escuelas normales federales absorben el 24.5% de la inscripción, las de los estados el 29.8% y las privadas el 45.7% restantes.¹⁴ Dos de las principales deficiencias de estas instituciones han sido: la falta de coordinación regional y cuantitativa entre la oferta y la demanda, y las permanentes modificaciones en los planes y programas de estudio.

Desde 1887, año en que inicia sus labores la Escuela Normal de México, se han hecho 14 revisiones a los planes de estudio de Educación Normal Primaria, con modificaciones fundamentales en: a) el número de materias; b) la proporción entre cursos de formación general y de carácter técnico pedagógico, y c) el número de años de estudio. Entre 1965 y 1978 se ejecutaron cinco reformas a los planes de estudios sin hacer una

evaluación previa de las anteriores.¹⁵

Isaías Álvarez señaló en un excelente estudio que la ambigüedad de objetivos en la educación normal y la falta de evaluación de planes y programas anteriores al implantar uno nuevo (durante 1942-1972), impidió una comunicación efectiva entre los educadores de maestros y los directores de las escuelas normales, lo que se tradujo en una efectividad menor en los resultados esperados.¹⁶

En otro análisis sobre los planes de estudio de las escuelas normales de México, realizado a principios de los años setenta, se hizo notar la existencia de un currículum excesivamente riguroso que limitaba las innovaciones y la experimentación. También

se observó que sólo en los cursos de ciencias sociales había un alto grado de coherencia alrededor de los temas nacionalistas en la educación mexicana, tradición que debe conservar la UPN.

En la actualidad, los currícula de las escuelas normales se pueden distinguir, según su orientación general, por el énfasis en el conocimiento teórico o en el desarrollo de metodologías y técnicas. Se ha estimado que la metodología y práctica docente en México ocupa el 67% del currículum, lo que es aparentemente contradictorio con la realidad de estilos tradicionales de enseñanza y de tipo memorístico.¹⁷

Los programas académicos de la UPN se orientan básicamente a favorecer el cambio en la formación de maestros, es por ello que la fundamentación de los mismos no ha sido únicamente de tipo cuantitativo sino tocando aspectos cualitativos de gran relevancia. Además de hacer una evaluación de planes y programas de otras instituciones en términos del número de materias y horas-clase, se ha procurado dar mayor calidad a los cursos con propósitos formativos definiendo con precisión los objetivos terminales. Se parte de la concepción de que es a través de un

diseño curricular apropiado que se logrará una preparación que eleve la efectividad del maestro en el aula, aun cuando se reconozca que existen múltiples y variados factores que inciden sobre el rendimiento del docente, tales como las características personales, las condiciones escolares y del sistema, los estilos de enseñanza y las expectativas del profesor.¹⁸

Estudios de licenciatura

El diseño de las carreras que a nivel de licenciatura ofrece la UPN está dirigido hacia el logro del equilibrio entre la formación orientada a la continuación de estudios de posgrado, la que permite el ejercicio profesional al concluir la licenciatura.¹⁹ Con esto se persigue una adecuada integración de la formación de profesionales de la educación, tanto al mercado de trabajo como a las necesidades del desarrollo de la disciplina en México, atendiendo las urgencias actuales y futuras de empleo en los diferentes niveles de docencia, investigación y aplicación del conocimiento.

También se pretende vincular la docencia a la investigación, para capacitar y familiarizar al estudiante con el origen y planteamiento de los problemas educativos, y lograr una utilización óptima de los profesores-investigadores de tiempo completo.

Para lograr tales propósitos, el plan de estudios para el nivel de licenciatura está integrado por tres áreas o grupos de contenidos, cada una de las cuales desempeña una función educativa específica:

1. *Area de formación básica.* Cumple dos funciones primordiales, una de carácter propedéutico-formativo que permite compensar las deficiencias observadas en los egresados del nivel de educación media superior y de la normal, y otra de carácter exploratorio que introduce al estudiante con un mayor rigor metodológico a los conocimientos básicos de las ciencias sociales en general.

2. *Area de integración vertical.* La UPN ofrecerá programas de licenciatura, maestría y doctorado que deben conservar una estrecha relación entre sí. Se ha considerado que la definición de los planes de estudio de la licenciatura, y en particular la estruc-

tura curricular, debe hacerse teniendo en cuenta tres factores fundamentales: a) la unidad orgánica de las licenciaturas con los programas de posgrado, diferenciándose en lo referente al nivel de los estudios; b) el hecho de que los profesionales de la educación que se van a preparar deben orientarse simultáneamente a la docencia y a la investigación, y c) la urgencia de que todos los egresados combinen, al término de la licenciatura, ciertas habilidades y capacidades que les permitan asumir su responsabilidad como profesionales de la educación en su sentido más general, independientemente de la denominación propia de su carrera.

Por las razones anteriormente citadas se propone que todas las carreras que ofrezca la UPN garanticen, a través de una columna vertical de formación, una competencia mínima en las cinco áreas de conocimiento que a continuación se enlistan:

I. Estudios de diseño curricular, organización y administración escolar.

II. Fundamentos psicosociales del aprendizaje.

III. Criterios normativos, filosóficos e ideológicos (historia y filosofía de la educación).

IV. Instrumentos y criterios de medición (estadística, matemática aplicada, psicometría).

V. Aspectos metodológicos de las ciencias sociales.

3. *Area de concentración profesional.* Esta se define en función de los requerimientos científicos de cada licenciatura, así como de la problemática nacional asociada a la misma y de las posibilidades reales de absorción del egresado por el mercado de trabajo. Es en este nivel donde se proporcionará al estudiante los instrumentos necesarios para resolver o plantear soluciones a los problemas que deberá enfrentar en su desempeño profesional. Se procurará dar a los cursos, en el núcleo de concentración profesional, un orden secuencial atendiendo en la medida de lo posible sus intereses personales y las necesidades de una formación que ofrezca viabilidad a las capacidades terminales que éste debe poseer.

A partir del tercer semestre y a lo largo de la carrera, funcionará un taller integrador cuyo desarrollo se ba-

LICENCIATURA EN EDUCACION BASICA PLAN DE ESTUDIOS*

Area de formación básica	
Historia de las ideas I y II Matemáticas I y II Redacción e investigación documental I y II Sociedad mexicana I y II	25%
Area de integración vertical	Area de concentración profesional
31%	44%
<ul style="list-style-type: none"> - Teoría de la educación - Estadística I y II - Metodología de la investigación I y II - Sociología de la educación - Legislación educativa mexicana - Sistema educativo mexicano - Metodología didáctica - Educación comparada 	<ul style="list-style-type: none"> - Conocimiento y desarrollo humano I y II - Administración educativa - Evaluación educativa I y II
	<ul style="list-style-type: none"> - Estrategias curriculares - Psicología educativa I y II - Orientación cognoscitiva**

* Sujeto a la aprobación del Consejo Académico de la UPN
** En función de las opciones terminales.

TALLERES

sará en el trabajo de investigación, en las prácticas docentes y en el estudio de metodologías y técnicas de enseñanza de las distintas disciplinas o campos específicos. Esto complementará la orientación teórica de algunos cursos, siempre en función de los conocimientos que posee el alumno en distintos momentos de la carrera.

La licenciatura en educación básica, diseñada especialmente para los maestros en servicio, y cuya duración será de 6 semestres para los egresados de las escuelas normales, tendrá opciones terminales en: Educación preescolar, Educación primaria, Educación física, Educación artística, Educación tecnológica y Educación de adultos. En el cuadro siguiente se presenta una versión preliminar de la estructura curricular de dicha licenciatura, así como la distribución porcentual de los contenidos.

Estudios de posgrado

En la UPN los estudios de posgrado se concibieron como la continuación de una formación que concluye formalmente en el doctorado.²⁰ En consecuencia, la metodología didáctica deberá sustentarse en la investigación, tanto por parte de los estudiantes como de los profesores, a través de proyectos vinculados con la problemática educativa nacional.

Uno de los propósitos, ampliamente comentado por las autoridades, es el de mantener un elevado nivel académico en los estudios de posgrado que se ofrecerán a nivel de especialización (2 semestres), maestría (4 semestres) y doctorado (8 semestres), orientados hacia la comprensión teórica más profunda y a la obtención de una mayor capacidad para enfrentar

ADMINISTRACION ESCOLAR	
<i>Primer semestre</i>	<i>Segundo semestre</i>
Educación y sociedad en México Evaluación educativa	Teoría de la administración Administración de recursos
PLANEACION EDUCATIVA	
<i>Primer semestre</i>	<i>Segundo semestre</i>
Educación y sociedad en México Evaluación educativa	Métodos de planeación Planeación educativa en México

En la UPN los estudios de posgrado se concibieron como la continuación de una formación que concluye con el doctorado

la problemática de los aspectos específicos de la educación.

Las especializaciones tienen por objeto la preparación de profesionales de la educación o profesiones afines, en aspectos específicos de la práctica educativa, de manera que puedan aplicar inmediata y directamente los conocimientos adquiridos.

Las maestrías y doctorados se cursan en 2 y 4 años respectivamente con una orientación sistemática hacia la investigación, y exigen la elaboración de tesis de grado. Los aspirantes cuyo interés prioritario sea la aplicación de la teoría, definirán sus proyectos de investigación en torno a un trabajo de campo. Estos trabajos requerirán el desarrollo, la aplicación y la evaluación de una innovación significativa en el sistema educativo. Por otro lado, se apoyarán los trabajos de investigación de corte tradicional caracterizados por una estructura en la que sobresalga una base teórica sólida en su diseño.

Programas iniciales

Las primeras especializaciones que ofreció la UPN fueron las de Admi-

Estructura curricular de las especializaciones

Dada la afinidad existente entre las dos especializaciones, se definió un área común de dos cursos semestrales que facilita la interacción entre los estudiantes y el dominio común de conceptos y metodología, haciéndose hincapié en la forma que éstos se han utilizado para el análisis de problemas concretos de la realidad mexicana.

Complementariamente, los cursos del segundo semestre tienen un contenido básicamente instrumental que condiciona una revisión de métodos, técnicas y procedimientos operativos relacionados con la administración y la planeación del sistema educativo nacional.

Sistema de Educación a Distancia (SEAD)

El SEAD de la UPN es una estrategia educativa que da respuesta a la necesidad de lograr la formación de personal profesional de la educación con el más alto grado de preparación académica y cultural, a través del autodidactismo. Este sistema representa el esfuerzo que la UPN realiza para extenderse a todo el magisterio nacional que presta actualmente sus servicios. En su etapa inicial se prevé una cobertura de 30 000 maestros-alumnos, quienes serán atendidos a través de 64 unidades distribuidas en todo el ámbito nacional.

Esta modalidad educativa se sustenta en la participación activa de los alumnos, quienes podrán estudiar a su propio ritmo sin necesidad de acudir a las aulas, contando para ello con textos especialmente diseñados, con apoyo de asesores académicos, con materiales didácticos y otras actividades complementarias que garanticen la efectividad pedagógica deseada.

Con esta alternativa se posibilita la superación académica de los maestros en servicio que, por diversas razones, no pueden asistir a las aulas para realizar en ellas sus estudios.

El SEAD tiene los mismos objetivos, planes y programas de estudio y

reconocimiento oficial que la modalidad escolarizada.

Reflexión final

Los lineamientos que se han comentado sobre el proyecto académico de la UPN, permiten afirmar que se trata de una iniciativa audaz y muy prometedora. Se anticipa que muchas dificultades habrán de vencerse, particularmente en lo que se refiere a los conflictos de opinión que se observan entre los diferentes grupos organizados del magisterio y quienes han definido el esquema de trabajo que actualmente está en operación. Se hace necesario que muchas personas modifiquen su opinión acerca de los propósitos de la institución y de su funcionamiento.

El proyecto está en vías de realización y habrá que esperar algún tiempo para ver los resultados. Los cambios en el área educativa nunca son fáciles y si muy complicados cuando lo que menos existe es afán de colaboración.

NOTAS

1. Las fuentes de consulta más utilizadas fueron: SEP, *Decreto de Creación de la Universidad Pedagógica*, México, 1978; UPN, *Folleto de información general*, México, enero de 1979; UPN *Instructivos de primer ingreso a nivel licenciatura*, México, septiembre de 1979; UPN, *Boletines* núms. 1-4, México, junio-agosto de 1979; y UPN, *Sistema de educación a distancia*, México, 1979.

2. López Portillo, José, *Informes de Gobierno* México, 1977-1978.

3. No se ha hecho referencia a los múltiples proyectos presentados en el Instituto de Estudios Políticos, Económicos y Sociales (IEPES) durante la campaña presidencial. Se sabe igualmente que expertos de la UNESCO aportaron sugerencias en torno al proyecto, particularmente en lo que se refería a la regulación legal. Véase: SNTE, *Anteproyecto de la UPN*, México, 30 de junio de 1979; y SER, "Decreto de Creación de la UPN", *Diario Oficial*, México, 29 de agosto de 1978.

4. Los porcentajes se obtuvieron a través de un análisis de contenido de noticias periodísticas: José Cillero y Regina Cortina, *La UPN y la opinión pública*. Documento de trabajo, México, enero de 1979.

5. Latapí Pablo, "Indefiniciones de la Universidad Pedagógica", *Proceso*, México, 25 de septiembre de 1978.

6. SNTE, *Comunicación a los maestros*, 25 de octubre de 1978.

7. Véase. *El Sol de México*, México, 23 de noviembre de 1978; y Latapí, Pablo, "La UP se vuelve universidad ficticia", *Proceso*, México,

4 de diciembre de 1978.

8. El ingreso promedio estimado para ese año fue de 3 382,65 pesos mensuales, véase: "Perfil del maestro de educación primaria en el Distrito Federal", INIE, *Reseñas de investigaciones educativas 1962-1972*, SEP, México, 1972, pp. 149-154.

9. Los resultados de esta encuesta se incorporarían posteriormente a los programas del Plan Nacional de Educación, INIE. "Sondeo de opinión al Magisterio Nacional", México, 1977.

10. Para una discusión extensa sobre el tema de la profesionalización véase: *The Semi-Professions and their Organization: Teachers Nurses, Social Workers*, Ed. Amitai Etzioni, Nueva York, 1969 pp. 216-313; particularmente el ensayo de William J. Goode "The Theoretical Limits of Professionalization".

11. MRM, "La educación y la lucha por una nueva sociedad" en *Política y educación en México*, Ed. Movimiento, México, 1975, p. 93.

12. MRM, *La formación de maestros en México y la Universidad Pedagógica Nacional*. Ed. Movimiento, México, 1978, pp. 27-28. Véase también Villalpando, José Manuel, "La Universidad Pedagógica", *Resposta*, vol. 1, núm. 2, México, septiembre de 1978, pp. 7-11.

13. Solana, Fernando, "Discurso", *Boletín UPN*, núm. 3, 31 de julio de 1979, p. 4. Véase también: Alarcón, Moisés Jiménez, "Entrevista al rector", *Sección 10*, núm. 26, marzo de 1979, pp. 1-2.

14. "La formación y actualización del Magisterio se lleva a cabo en las escuelas normales para educación preescolar, primaria, tecnológica y agropecuaria, tecnológica industrial, educación física, educación especial, educación normal superior y licenciatura para maestro en servicio". Véase: SEP, *Prontuario Estadístico*, México, julio de 1978, pp. 7-19, Informe de Labores 1977-1978.

15. Véase: *Síntesis histórica de los planes de estudio de las escuelas normales* (México, s.f.); y Concepción Jiménez Alarcón.

16. Alvarez García, Isaías, "La difusión de las ideas y el cambio en la formación de maestros de primaria en México (un caso histórico exploratorio)", *Revista del Centro de Estudios Educativos*, vol. V, tercer trimestre, México, 1975, pp. 39-41.

17. Zúñiga, Evenor, *An Analysis of Teacher Education Curricula in Five Latin American Countries (Costa Rica, Ecuador, México, Uruguay, and Venezuela)*. Ministerio de Educación Pública, San José, Costa Rica, 1974.

18. Avalos Beatrice, *Teacher Effectiveness Toward a Definition of the Problem for State of the Art Review*. IDRC, junio de 1977, pp. 2-8.

19. Este apartado se basa en: UPN, *Folleto de Información General*, México, enero de 1979, y *Proyecto académico de la UPN*, Documento de trabajo, México, enero de 1979.

20. UPN, *Boletín*, núm. 2, 15 de julio de 1979, p. 2.

21. *Ibid.*, p. 2.

PUBLICACIONES DEL CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

Insurgentes Sur 1814-60. Piso.

Ciencia ficción: 80 pesos; 8 Dls.

Ensayos científicos: 150 pesos; 10 Dls.

Programa Nacional de Ciencia y Tecnología 1978-1982: 100 pesos; 9 Dls.

El petróleo en México y en el mundo: 200 pesos; 16 Dls.

Einstein: 100 pesos; 11 Dls.

Investigación de servicios de salud: 200 pesos; 16 Dls.

Inversión y tecnología en equipos agrícolas y agroindustriales: 150 pesos; 9 Dls.

Programa de desarrollo agropecuario y forestal: 50 pesos; 9 Dls.

Los reguladores de los insectos y las plantas: 25 pesos; 5 Dls.

Guayule: 190 pesos; 12 Dls.

Investigación demográfica en México: 120 pesos; 10 Dls.

Hazañas científicas de nuestro tiempo, el impacto de la invención moderna de Ronald W. Clark: 600 pesos; 30 Dls.

Campos petroleros gigantes y recursos mundiales de petróleo de Richard Nehring: 100 pesos; 9 Dls.

Revista bimestral *Ciencia y Desarrollo*:

Precio de venta: 30 pesos.
Suscripción anual: 180 pesos; 15 Dls.

Revista quincenal *Información Científica y Tecnológica*:

Precio de venta: 10 pesos.
Suscripción anual: 200 pesos.

De venta en Publicaciones Científicas, D.F.: Insurgentes Sur 1677 P.B., México 20, D.F. / Monterrey: Gral. Treviño, Poniente 409, P.B. / Guadalajara: Colonias 221, Ed. Torre La Paz, Sector Juárez / Mérida: Calle 36, No. 129, Col. Buenavista.

Génesis y desarrollo de la UPN

La relación cronológica que a continuación se presenta incluye una selección de acontecimientos previos al inicio formal de actividades de la UPN. Con ella se pretende destacar la interacción constante que existió entre las autoridades de la SEP y el SNTE.

Información más detallada obligaría a referirse a los procedimientos para la contratación del personal, el programa inicial de formación de profesores, criterios de selección de profesores, definición de planes y programas de estudio, áreas de atención inicial, etcétera. Sin embargo, se ha optado por esta síntesis informativa para facilitar la comprensión de la génesis de la UPN como un proyecto político-académico.

El candidato a la Presidencia de la República promete incorporar el proyecto de la UPN, y la define como la institución que capacitará a quienes capacitan.

Campaña Presidencial, octubre 1975

En la reunión de Educación, Ciencia y Tecnología del Instituto de Estudios Políticos, Económicos y Sociales (IEPES), se analizan las posibilidades de creación de la UPN.

14 de junio de 1976

En el Congreso Nacional de Educación, celebrado en Jurica, Querétaro, se estudia el proyecto por parte del SNTE.

23 de noviembre de 1976.

En el XI Congreso Nacional Ordinario del SNTE, celebrado en Guanajuato, se anuncia al magisterio nacional la creación de la UPN.

31 de enero de 1977

Se crea la primera Comisión Mixta SEP-SNTE, con el propósito de elaborar el proyecto de la Universidad.

25 de marzo de 1977

José Luis Andrade Ibarra anuncia que la Universidad Pedagógica empezará a funcionar en septiembre del mismo año.

16 de abril de 1977

Se concluyen los trabajos de la Primera Comisión SEP-SNTE.

14 de julio de 1977

Porfirio Muñoz Ledo afirma que para septiembre se estudiará en la Cámara la iniciativa de creación. José Luis Andrade señala que la Universidad Pedagógica no sustituye a las escuelas normales, sino que será la institución rectora del sistema de formación de maestros. Se concibe como una Universidad del Estado dependiente de la SEP.

14 de julio de 1977

A través de una serie de desplegados, los movimientos disidentes del sindicalismo magisterial plantean sus objeciones al proyecto criticando principalmente el elitismo de la institución, ya que la capacitación se puede dar dentro de las escuelas normales. Una respuesta del SNTE plantea la necesidad del magisterio de alcanzar licenciaturas, maestrías y doctorados.

Julio de 1977

En el II Congreso Nacional de Escuelas Normales hay manifestaciones en contra de la creación de la UPN, argumentando que la idea no surgió de la base del magisterio.

29 de julio de 1977

Presentación del Plan Nacional de Educación, y comentario en torno al nombre de Universidad Pedagógica.

24 de agosto de 1977

En su primer informe de gobierno, el presidente José López Portillo ratifica su compromiso de creación de la UPN, destacando que no se trata de degradar a las escuelas normales.

10. de septiembre de 1977

Durante el mes de septiembre hubo una serie de manifestaciones de apoyo al régimen culminando con una concentración en el estadio Azteca donde los maestros señalan que la UPN es la máxima conquista del SNTE.

23 de septiembre de 1977

El programa de trabajo de Fernando Solana plantea la creación de la UPN. Se instala la segunda comisión para estudiar la operación docente y administrativa de la UPN.

10 de enero de 1978

José Luis Andrade informa que en 65 días estará terminado el proyecto de la UPN.

11 de febrero de 1978

Arquímides Caballero señala que la UPN no debe sustituir al sistema de educación normal.

27 de febrero de 1978

Grupos magisteriales afiliados al SNTE piden que las licenciaturas, maestrías y doctorados pasen a formar parte de la futura UPN.

Enero-marzo de 1978

Emilio Rosenblueth declara que la UPN pondrá el acento en la formación de maestros de educación básica.

14 de abril de 1978

Fernando Solana afirma que la UPN será uno de los centros de investigación y docencia de más alto rango académico en la nación. Será en poco tiempo guía del sistema educativo normal. Sus investigadores y sus egresados deberán ser orientadores de la educación en los años por venir. No va a afectar los intereses del maestro; al contrario, quienes egresen de las normales tendrán ahora una nueva alternativa educacional por su formación.

16 de mayo de 1978

El Secretario de Educación Pública, acompañado del Comité Ejecutivo del SNTE, anuncia la publicación en el Diario Oficial del Decreto de la creación de la UPN. Se habla de la nueva institución como la cúpula del sistema de educación normal, y se definen algunas de las áreas prioritarias para la docencia y la investigación.

29 de agosto de 1978

El rector de la UPN, Moisés Jiménez Alarcón, en presencia del Secretario de Educación Pública y del Comité Ejecutivo del SNTE, anuncia un programa de trabajo en el que destaca la absorción de las licenciaturas de Mejoramiento por parte de la UPN, la responsabilidad de titulación de sus egresados y la probable creación de unidades regionales.

22 de noviembre de 1978

La UPN inicia sus labores docentes ofreciendo carreras a nivel de licenciatura a una población inicial de 2 200 estudiantes. Dichas carreras son: Sociología de la educación, Pedagogía, Psicología de la educación, Administración educativa y Educación básica.

12 de marzo de 1979

Se inician los estudios de posgrado con dos especializaciones: Administración escolar y Planeación educativa, atendiendo una demanda de 950 alumnos.

23 de abril de 1979

Programas en México de maestrías en educación

POR GALO GOMEZ



Galo Gómez

El gobierno debe establecer una política que cuide que los estudios de posgrado en educación se fortalezcan y respondan a las necesidades del país, pues se requieren expertos en esta área capaces de percibir los problemas, personas con conocimiento y experiencia en el manejo de la investigación, que conozcan la historia y la realidad socioeconómica nacional

Los estudios de posgrado que se realizan bajo la responsabilidad de las instituciones universitarias constituyen la cúspide de la pirámide de la educación formal. En ellos se forman los futuros científicos, de ahí que su desarrollo y nivel de excelencia académica esté ligado al fortalecimiento científico y cultural de un país. Es de particular interés conocer el ideario de las universidades respecto al tipo de graduado que deben formar los programas de posgrado. Se requiere avanzar en la formulación de criterios respecto a cómo deben ser los grados de especialización, maestría y doctorado para que constituyan una respuesta real a los requerimientos que plantea la realidad nacional en la formación de recursos humanos. Es innegable la importancia que tienen el estudio y la discusión de estas cuestiones con los responsables de la dirección de los pro-

gramas, las autoridades educacionales y quienes toman decisiones de índole educativa.

La disposición de proyectos de investigación se relaciona con la formación de recursos humanos, pues al programar la investigación para varios años se puede prever el tipo de investigadores que deben prepararse. Los estudios de posgrado que comprenden programas de investigación representan un aporte al estudio y solución de los problemas nacionales, "...mediante el desarrollo del potencial intelectual del país, el entrenamiento de personal preparado académicamente para enfrentar esos problemas, y el aporte directo de soluciones a problemas específicos".¹

En este trabajo trataremos de las maestrías en educación. "Por maestría convendrá entender un programa de estudios que amplía los conocimientos del nivel de licenciatura, abre perspectivas y acentúa princi-

palmente los aspectos formativos. Puede versar sobre conocimientos teóricos exclusivamente, o extenderse a conocimientos prácticos. Puede considerarse como terminal o no, pero generalmente debe requerir una tesis. Esta última debe demostrar que los estudios han despertado la acción de aprender por un lado, y por otro la de crear conocimiento, aplicarlo, o cuestionar el existente. Así en el programa puede predominar una orientación a la docencia o una orientación al trabajo de investigación. En algunos casos podrá incluir el entrenamiento para una habilidad específica en el campo profesional pero, para ser maestría y no especialización, esa habilidad deberá ser un objetivo derivado y secundario." Es decir, que la maestría está destinada a profundizar estudios, lograr una especialización, formar docentes e iniciar a los estudiantes en la investigación.

En la formación de recursos humanos del área educativa es necesario no olvidar las características propias de ésta, puesto que se trata de un fenómeno que puede estudiarse desde ángulos muy diversos, como los que proporciona la pedagogía, la psicología, la sociología y la filosofía, entre otros.

El Programa Nacional Indicativo de Investigación Educativa (PNIIE) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), desde sus inicios, ha evaluado varias solicitudes de apoyo a proyectos de programas de maestría en educación, ya sea para elaborar las etapas de su funcionamiento o bien para su puesta en marcha. En la mayoría de las solicitudes se encontraron diversos problemas relacionados con la preparación profesional de las plantas docentes, con la estructura de los planes de estudio o con la orientación y duración de los estudios. Esto planteó la necesidad de realizar una investigación sobre las maestrías en educación en México, saber cuántas son, dónde están ubicadas, cuándo fueron creadas, número de alumnos, cuáles son sus planes de estudio, su financiamiento y sus resultados. Todo ello con el fin de profundizar en dicho conocimiento, y para que el PNIIE pueda formular criterios y hacer sugerencias sobre las características que deben tener las maestrías en educación y así éstas constituyan un verdadero aporte a las necesidades nacionales de formación de personal en ese nivel que, de por sí, son escasos.

Según el inventario hecho por el CONACYT, de 1973 a 1974, 455 personas participaban en la investigación educativa. En ese mismo período 400 000 individuos laboraban en el sistema educativo, los cuales a su vez atendían a 15 000 000 de estudiantes; lo cual significa que por cada investigador había mil personas directamente implicadas en el proceso educacional.² No sabemos cuál es la situación en la actualidad.

El PNIIE encargó la elaboración de un estudio sobre esta materia al Departamento de Investigaciones Educativas (DIE) del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CIEA) del Instituto Politécnico Nacional (IPN). La investigación "Maestrías en educación en Méxi-

co", realizada por Justa Ezpeleta y María Elena Sánchez, se inició a fines de 1978 y se terminó en junio de 1979. En agosto del mismo año, el PNIIE convocó a una Reunión de Directores de Programas de Maestrías en Educación del país, con el objetivo de estudiar, analizar y discutir el documento, así como conocer las observaciones y sugerencias que formularan. En esta reunión participaron 40 personas, quienes discutieron los problemas de carácter general que plantean los programas de maestría en educación. Los temas señalados, en orden prioritario, fueron los si-

De acuerdo con las fechas de creación de las maestrías estudiadas, la más antigua es el Programa de Maestría en Pedagogía de la UNAM, que se anticipa en más de diez años al resto

guientes: investigación educativa, objetivos de los programas en función de las necesidades regionales y nacionales, formación de profesores para la planta académica, cooperación y coordinación interinstitucional, y financiamiento. El estudio mencionado no se propuso establecer criterios de calidad sino realizar un intento de diagnóstico. Comprende el análisis de 19 programas, sobre 21, localizados por las investigadoras al inicio del trabajo. La diversidad de concepciones, características y objetivos del conjunto de los programas, planteó a las autoras la necesidad de agruparlos en tres tipos: generales, enseñanza superior y especiales.

Cinco de los programas generales estudiados aspiran a "habilitar a sus egresados para el conocimiento y desempeño en el campo educativo en su conjunto". Nueve de los de educación superior se proponen la formación de docentes a nivel superior. Y cinco de los especiales comprenden aquellas maestrías "...que se ocupan de algunas de las ciencias de la educación en particular, o de algún problema específico: psicología de la educación, educación de adultos, etcétera".

De acuerdo con las fechas de creación de las maestrías estudiadas, la más antigua es el Programa de Maestría en Pedagogía de la UNAM, la

que se anticipa en más de diez años al resto, pues fue creada en 1959. Durante los años sesenta no aparece ningún programa nuevo de maestría; sin embargo, entre 1975 y 1978 aparecen 13 programas, de los cuales seis se crearon durante el año de 1975. Del total de maestrías consideradas, siete programas están en el Distrito Federal y el resto en Nuevo León, Coahuila, Jalisco, Sinaloa, Querétaro, Aguascalientes, Puebla y Michoacán. De las 15 instituciones que comprende el estudio, nueve son públicas y seis privadas; las primeras tienen 13 programas y las segundas

sólo uno por institución.

En el período 1975-1976, la matrícula en los estudios de posgrado era la siguiente: de 7 550 inscripciones en maestría, 357 (4.6%) estaban en el área de educación; de las 232 en el doctorado, ninguna en educación; y de 2 016 en especialidad, sólo 70 se encontraban en esta área.⁴

En líneas generales, el campo estudiado muestra como característica central una gran heterogeneidad, que se expresa en variaciones de los objetivos, de los planes de estudio y de la extensión de los currícula. Este aspecto, que podría verse como negativo, no obstante fue considerado positivo por los participantes en la mencionada reunión, pues se vio esa pluralidad como conveniente y legítima. También se consideró que no era justa la crítica a la llamada "proliferación de maestrías", pero sí había que reconocer que no existe una adecuada distribución geográfica de éstas. La mayoría de los programas, de 1975 a la fecha, nacieron obedeciendo a diversas necesidades, y, por esto mismo, implican diversos enfoques que son respuesta a distintas intenciones como: formación de profesores, investigación educativa, generalistas en ciencias y técnicas de la educación, especialistas en alguna disciplina, y dirigentes o administradores. Obviamente, los programas han nacido con carencias tanto financieras

como de recursos humanos.

Según Juan Casillas García de León y Jorge Hannel del Valle, los argumentos más frecuentes para crear un programa de posgrado son: a) subsanar deficiencias en la formación profesional de los egresados de la institución; b) incrementar el prestigio académico de los que han realizado estudios superiores y que, personalmente, consideran importante impartir cursos de este tipo; c) contribuir a la formación del personal docente requerido para la licenciatura; d) la formación de personal especializado en áreas para las cuales existe un mercado de trabajo; e) res-

El campo educativo muestra como característica central una gran heterogeneidad, que se expresa en variaciones de los objetivos, de los planes de estudio y de la extensión de los currícula

ponder a las necesidades del desarrollo social y económico de la zona de influencia de la institución, y f) el estudio de los problemas de interés nacional. Indudablemente, los dos últimos argumentos son los de mayor credibilidad.

Los programas estudiados tienen una duración promedio de casi dos años. Sus modalidades son muy variadas, desde las que exigen tiempo completo hasta las que concentran la actividad en un solo día por semana. En este aspecto intervienen también las exigencias que se les imponen a los estudiantes, el nivel de los estudios, los requisitos que plantean algunas asignaturas, y los recursos disponibles para lograr los objetivos propuestos.

Entre los varios asuntos analizados por la Reunión de Directores de Programas de Maestrías en Educación está el de la investigación educativa, el cual se destacó como altamente prioritario entre los más sobresalientes a discutir, en sus diferentes aspectos como: el apoyo financiero a proyectos de investigación, la coordinación de esfuerzos y tareas para evitar duplicaciones, y la necesidad de evaluar periódicamente los avances y los resultados.

Las maestrías orientadas a la investigación deben tener "... como objetivo principal introducir al estu-

dianente al trabajo científico, de manera que adquiera una capacidad de investigación sólida, si bien dependiendo".⁵ Es importante que la labor de investigación se desarrolle "... bajo el tutelaje de un investigador experimentado, por lo que es indispensable que cada estudiante tenga asignado un tutor con responsabilidades bien determinadas. También es necesario que el programa disponga de facilidades y proyectos de investigación, en los que participen significativamente los estudiantes".⁶

Para mejor orientación, desarrollo y apoyo a esta actividad, es necesario saber en qué se investiga, para qué,

qué aspectos de la realidad regional y nacional se atienden y cuáles se descuidan, así como conocer las características de los recursos humanos y materiales de que se dispone. Todos estos aspectos están ligados a la formación de los futuros investigadores. El estudio encontró dos problemas en las maestrías orientadas hacia la investigación educativa: uno relativo a que no se dispone de recursos humanos idóneos, y el otro consistente en que a pesar del personal calificado con que se cuenta, la estructura académica de los programas no facilita el uso en plenitud de los conocimientos de ese personal.

Lo anterior está relacionado con el grado de dificultad que enfrentan los estudiantes para realizar sus trabajos de tesis, aun cuando en la mayoría de los programas existen "... una o más asignaturas referidas a la metodología y técnicas de investigación". Analizadas las distintas situaciones, se puede concluir que esta actividad académica es insuficiente por sí sola, lo cual plantea la necesidad de revisar la organización curricular, con el fin de formular un riguroso planteamiento sobre las características que debe tener la investigación educativa en los programas de maestrías.

El documento presentado por la Reunión de Directores de Programas de Maestrías en Educación hace una

relación de los temas que investiga el personal, así como los títulos de las tesis presentadas. Los temas de investigación se encuentran en los campos de la psicopedagogía, la didáctica, la sociología, la política de la educación, la antropología, la epistemología, las matemáticas educativas, la educación de adultos y la educación intercultural.

De las 19 maestrías que comprende el estudio, 11 son programas en los que se realiza investigación. Los proyectos en operación suman 41; son 48 los docentes-investigadores; y 9 quienes únicamente son investigadores (éstos forman parte de la planta de la maestría como docentes auxiliares y pertenecen al equipo de los proyectos que dirigen los docentes-investigadores).

Las publicaciones y las bibliotecas son elementos relacionados con la investigación. Respecto a las publicaciones, generalmente los programas muestran una escasa producción, pero la explicación puede encontrarse en el hecho de que la mayoría de ellas son de origen reciente. En relación con las bibliotecas, es común que en los programas estudiados no se disponga de recopilación de obras especializadas de importancia, exceptuando al Centro Regional de Educación Fundamental para América Latina (CREFAL), que cuenta con 55 000 volúmenes, al DIE-CIEA-IPN, y a la Universidad Autónoma de Guadalajara (UAG), que disponen de 8 000 volúmenes cada uno. El resto de los programas consultan las bibliotecas de la institución a la que pertenecen, y son pocas las que tienen convenios con centros de documentación o bancos de datos.

Las autoras del estudio al que no hemos referido plantearon cuestiones de particular interés y dignas de ser consideradas, como el hecho de que la elaboración, la puesta en marcha del desarrollo y aplicación de los programas de posgrado en educación deben tener un trato cuidadoso, si se tiene conciencia y claridad respecto del país en el área. Esto último podría explicar la creación acelerada de programas, en estos últimos años, como una forma de solución inmediata, para luego preparar al personal necesario de alto nivel. Quien

realizan estudios de posgrado deben alcanzar una preparación muy sólida para que hagan aportes al conocimiento del sector y las transformaciones que la sociedad reclama.

Todas las sociedades tienen su propio desarrollo histórico, social, cultural y político que determina sus particularidades y necesidades. Dentro de este marco, las hay unas más complejas que otras. Así, la sociedad mexicana tiene sus propias características, y una variedad de modos culturales que se encuentran en el seno de las instituciones y del proceso educativo con formas y contenidos particulares. Por lo anterior, puede verse la importancia que tiene el estudio de la realidad nacional, investigando y llevando a cabo un desarrollo teórico de las disciplinas educativas; éstos son dos objetivos insoslayables para cualquier programa de maestría en esta área, y fueron considerados entre los más sobresalientes por los participantes en la Reunión de Directores de Programas de Maestrías en Educación.

El documento de nuestro estudio señala que la estructura y los contenidos curriculares de los programas muestran algunas dificultades para el logro de los dos objetivos centrales que se han indicado. Los factores de orden financiero y de recursos humanos son los que más acentúan la dificultad de alcanzar los propósitos fijados; además, existen casos en que el currículum corresponde más bien a un nivel de licenciatura. Otro elemento problemático se encuentra en los planes de estudio que inciden en la consecución de los objetivos, particularmente cuando están estructurados siguiendo las divisiones formales de las ciencias de la educación, es por esto que se recomienda elaborarlos de acuerdo con las especificidades pertinentes. Si los estudiantes comprenden los conceptos básicos del área, la estructura curricular debería tender a aquella donde los problemas constituyen un eje central, alrededor del cual estarán los recursos de la especialidad y los aspectos que atienden a la realidad educativa y nacional.

Otra cuestión que está en el plano de las primeras preocupaciones implica los recursos humanos, es decir, los docentes y los alumnos. Deben establecerse requisitos para los docen-

tes como: una formación profesional de excelente nivel académico, haber publicado, y realizado investigación y tener experiencia en las actividades propias del área. Un personal que cumpla con estos requisitos mínimos permite enriquecer y salir adelante con los problemas de cualquier programa. Es deseable que todos los miembros de las plantas docentes cuenten con un posgrado, y que éste sea uno de los requisitos prioritarios, pero de acuerdo con los recursos existentes en el área, pues esta exigencia no puede colocarse como una condición necesaria y suficiente para el reclutamiento de académicos. En cuanto a los alumnos, las maestrías admiten a profesionales que no pertenecen al campo educacional, aceptando a egresados de sociología o antropología, y esto afecta la profundidad que se puede alcanzar en los estudios que no provienen estrictamente del área educativa.

Para 1978, la inscripción de estudiantes en maestría fue superior a los 722 alumnos, sin incluir la matrícula de tres programas de enseñanza superior en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), y en la Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA). La cifra anterior nos indica el volumen de la matrícula, y señala un aumento importante si se le compara con la que registra el CONACYT para 1975-1976, que es de 357 alumnos.⁷ El reclutamiento de estudiantes para los programas puede adelantarse dos criterios que deben ser considerados: 1) experiencia de trabajo en el área, y 2) formación previa en ciencias y técnicas de la educación.

Los programas, de acuerdo con la agrupación señalada en el estudio, comparados con los de enseñanza superior, pueden caracterizarse sólo como especialización de posgrado y no como maestría, pues la necesidad que aparece entre sus fundamentos (capacitación pedagógica de los docentes) tiene requerimientos que no corresponden al nivel de la maestría. Para este nivel de posgrado se debe atender la capacitación para la docencia, pero sin excluir una seria introducción a las labores de la investigación. Es por esto que se hace nece-

AMA
American
Management
Associations **International**

**Management
Center de
México, A. C.**

Anuncia su nueva dirección
y sus nuevos números
telefónicos:

REFORMA 199 - 9º PISO

MEXICO 5, D. F.

566-5422

592-2655

**AMERICAN
MANAGEMENT
ASSOCIATIONS**

es la agrupación gerencial
más importante del mundo.

Solicite información sobre
membrecía por teléfono o acuda
a nuestras oficinas.

sario que los académicos vinculen la investigación a sus actividades docentes y que las instituciones atiendan a la formación continua de los maestros.

Se debe instaurar una política que cuide el fortalecimiento y la valorización de los estudios de posgrado. Los problemas educativos reclaman respuestas que planteen soluciones viables, pero los recursos no son abundantes y la comunidad científica del área es incipiente como para permitir el desarrollo de programas poco exigentes. Lo nuevo de los programas es una situación que permite hacer correcciones, mejorar las deficiencias y diseñar estrategias que respondan a las auténticas necesidades de México.

El país requiere más de expertos en educación capaces de percibir los problemas, que de quienes son únicamente docentes. Hacen falta personas con conocimiento y experiencia en la investigación, que conozcan la historia del país, la realidad socioeconómica nacional, el desarrollo del sistema educativo y su filosofía, es decir, gente que se dedique más a producir que a reproducir.

Es necesario conocer la profundidad de los verdaderos problemas para poder determinar con precisión lo que se requiere, conociendo así el tipo de personal que debe prepararse a futuro y en qué especialidades. Cada región de México, cada entidad federativa, tiene necesidades específicas, de ahí la importancia de investigaciones que aporten al descubrimiento y solución de sus problemas.

REFERENCIAS

1. Ponencia presentada a la XVI Asamblea General Ordinaria de la Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Educación Superior (ANUIES).

2. Programa Nacional Controlado de Becas. Serie Documentos, núm. 22. CONACYT, México, 1976, pp. 135-136.

3. Documento Preliminar para la Fundamentación del Programa Nacional Indicativo en Ciencias y Técnicas de la Educación. Serie Documentos, núm. 21. CONACYT, México, 1976, p. 61.

4. Castrejón Díez, Jaime. *La educación superior en México*, SEP, México, 1976, p. 95.

5. Programa Nacional Controlado de Becas. Serie Documentos, núm. 22. CONACYT, México, 1976, p. 136.

6. *Op. cit.*, p. 136.

7. *Op. cit.*, p. 185.

ALUMNOS INSCRITOS EN EL NIVEL SUPERIOR¹

ENTIDAD	1970-1971	1976-1977 ²	1977-1978
UNAM ³	134 241	243 999	264 543
IPN ³	74 446	147 578	126 440
TOTAL NACIONAL	271 275	569 266	609 070
Aguascalientes	306	2 005	2 531
Baja California Norte	1 924	9 742	11 740
Baja California Sur	—	744	1 145
Campeche	139	670	1 142
Coahuila	5 380	11 592	13 238
Colima	275	1 014	1 415
Chiapas	489	2 615	3 721
Chihuahua	4 936	11 992	14 887
Distrito Federal ⁴	138 131	235 117	215 917
Durango	1 195	5 287	7 199
Guanajuato	3 574	6 657	6 898
Guerrero	2 479	6 776	4 969
Hidalgo	970	1 819	2 624
Jalisco	27 059	40 899	62 733
México ⁴	3 547	29 054	45 615
Michoacán	6 037	17 198	18 198
Morelos	1 801	5 812	4 907
Nayarit	3 101	8 868	5 811
Nuevo León	23 285	55 398	56 458
Oaxaca	1 539	3 869	4 642
Puebla	15 451	25 742	23 822
Querétaro	1 263	2 381	2 420
Quintana Roo	—	146	175
San Luis Potosí	4 483	9 180	10 628
Sinaloa	2 476	9 892	11 236
Sonora	2 958	7 463	9 035
Tabasco	974	2 069	3 616
Tamaulipas	4 609	14 679	14 124
Tlaxcala	231	925	1 771
Veracruz	8 060	28 426	32 110
Yucatán	3 335	7 854	10 115
Zacatecas	1 268	3 322	4 228

1 Se incluyen todos los controles

2 En los datos referentes al período, están incluidos los alumnos inscritos a las Normales en los cursos de Superación y Especialización del magisterio

3 En los datos de UNAM e IPN se incluyen a los alumnos inscritos en sus escuelas del Nivel Medio Superior

4 En estos totales quedan excluidos los alumnos del Nivel Medio Superior

Fuente: Dirección General de Programación de la Secretaría de Educación Pública

Panorama de la investigación educativa en México (1979)

POR JEAN-PIERRE VIELLE

La investigación educativa se realiza en nuestro país en múltiples lugares, y constituye un campo todavía muy joven, muy afectado por la transición de regímenes y con importancia creciente para el desarrollo



Jean-Pierre Vielle

Introducción

Entre las áreas de Investigación y Desarrollo (I y D) experimental, la educativa parece ser un campo rezagado y, relativamente, de poca importancia. Esta situación no es privativa de México, se observa en muchos otros países.

En México, en 1974, la investigación educativa representaba apenas el 3% de toda la realizada en el país (211 proyectos de un total de 7 830). En este sector de actividad trabajaban alrededor de 400 investigadores, lo que representa una milésima parte del personal docente ocupado en la educación pública. El gasto realizado en investigación se elevaba a 35 millones de pesos, es decir, la milésima parte del presupuesto entonces asignado a la educación pública.

Desde el punto de vista puramente cuantitativo, la investigación educativa queda, pues, muy por debajo de lo investigado en las otras áreas con problemas como la salud y la economía que son de menor importancia relativa para el desarrollo. Existe, como se puede ver, una contradicción fundamental entre la relevancia que

tiene la educación como principal generador del desarrollo y el rezago en el cual han caído las actividades de investigación educativa. Esto se explica, en parte, por el reciente desarrollo de las ciencias y técnicas de la educación como disciplina científica y sistemática del conocimiento. Philip Coombs, en su obra *Crisis de la educación*, dice que el sistema educativo, cuna y madre del método científico, ha aplicado muy poco de sí mismo a sus propios asuntos.

Por otra parte, desde un punto de vista cualitativo, la investigación educativa no parece haber contribuido significativamente al desarrollo de la educación. Se argumenta que este reducido efecto de la investigación es producto, en buena medida, del divorcio existente entre los investigadores y quienes toman las decisiones.

En realidad, la escasa eficacia de la investigación educativa puede no ser más que un aspecto de la crisis epistemológica de la investigación en general, y de la misma educación en particular. En un estudio reciente del Club de Roma se afirma que los educadores nos hemos dedicado a promover el "aprendizaje de lo establecido", mas no el "aprendizaje innovador" para el cambio. En definitiva, pedagogía e investigación participa-

tivas deberían ser cara y cruz de la misma moneda.

Las consideraciones anteriores son importantes para poder apreciar, en su justa perspectiva, la relevancia de los esfuerzos de investigación educativa realizados en México. En este contexto, en el presente trabajo intentaremos estudiar el conjunto de centros de investigación existentes, así como examinar la naturaleza de las actividades realizadas, con la perspectiva de un marco conceptual renovado. De este modo, se configurará un panorama muy general de la investigación educativa en nuestro país, en 1979.

Instituciones mexicanas de investigación educativa

La investigación educativa se realiza en múltiples lugares, vinculada en forma directa o indirecta con las mismas actividades de la educación.

Resultaría casi imposible, en definitiva, dar cuenta del sinnúmero de proyectos originales realizados en los salones de clase por los maestros, en las escuelas mismas y sus departamentos de planificación, en los estudios para fundamentar la toma de

LAS INSTITUCIONES MEXICANAS DE INVESTIGACION EDUCATIVA (1979)

A. Sector educación pública

1. Grupo Asesor del Secretario de Educación
2. Subsecretaría de Planeación
 - Dirección General de Planeación
 - Dirección General de Programación
 - Dirección General de Acreditación y Certificación
 - Dirección General Adjunta de Contenidos y Métodos
3. Subsecretaría de Educación Superior e Investigación Científica (SSASIC) de la Secretaría de Educación Pública (SEP)
 - Unidad para el Desarrollo del Sistema de Universidades
 - Dirección General de Investigación y Superación Académica

B. Otras instituciones del sector público

- Subdirección de Programación de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología de la Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP)
- Instituto Nacional de Estudios del Trabajo (INET)
- Centro de Estudios de Medios y Procedimientos Avanzados de la Educación (CEMPAE)
- Servicio Nacional del Empleo

C. Instituciones de educación superior

- Universidad Pedagógica Nacional (UPN)
- Universidad de Monterrey (UEM)
- Departamento de Investigaciones Educativas del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (DIE-CIEA-IPN)
- Centro Nacional de Enseñanza Técnica Industrial (CENETI-DF)
- Centro Regional de Enseñanza Técnica Industrial (CERETO-JAL)
- Centro de Investigaciones y Servicios Educativos (CISE)
- Centro de Experimentación para el Desarrollo de la Educación y Formación Tecnológica (CEDEFT)

- Centro Interdisciplinario de Investigación y Docencia de Educación Técnica (CIIDET)
- Centro de Estudios Educativos de la Universidad Veracruzana (CEE-UV)
- Instituto AJIIC sobre Educación Internacional (IIASEI-UAG)
- Servicio Nacional de Adiestramiento Rápido de la Mano de Obra (ARMO)
- Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES)
- Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo (CEESTEM), área: Sociología de la Cultura y Educación para el Desarrollo

D. Centros privados

- Centro de Estudios Educativos, Asociación Civil (CEE, AC)
- Fomento Cultural y Educativo, Asociación Civil (FCE, AC)
- Instituto Mexicano de Desarrollo Comunitario (IMDEC)
- Central para el Desarrollo y la Participación Social, Asociación Civil (CEDEPAS, AC)
- Centro de Investigación Prospectiva, Fundación Javier Barrios Sierra (FJBS)
- Instituto Mexicano de Estudios Sociales (IMES)
- Instituto Interamericano de Estudios Sociológicos y Sociales, S.A. de Chihuahua (IIESS)
- Reuniones de Información Educativa, Asociación Civil (RIE, AC)

E. Sector externo

- Centro Latinoamericano de Tecnología Educativa para la Salud (CLATES)
- Centro Regional de Educación Fundamental para América Latina (CREFAL)
- Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa (ILCE)
- Unión de Universidades de América Latina (UDUAL)

Fuente: Proyecto PNIIE-CONACYT y RIE, AC, 1979

decisiones de sus directivos, en los departamentos de planificación y de didáctica de las universidades, en la elaboración de presupuestos y programas de estudios, así como en la formación de profesores.

La necesidad de limitar en alguna forma este vasto panorama se manifiesta en la selección de los centros de investigación educativa considerados en este trabajo (véase cuadro). En

definitiva, y muy a nuestro pesar, tuvimos que descartar los proyectos aislados, esporádicos e informales, para concentrar nuestra atención en la investigación institucional y sistemática, realizada en organismos reconocidos y en proyectos diversos que se emprenden en forma recurrente.

Lo anterior no significa que todos los organismos estudiados se dedi-

quen exclusivamente a la investigación educativa, pues de haber sido rigurosos contaríamos tan sólo con cinco o seis centros de investigación propiamente dichos.

La investigación educativa, en las instituciones consideradas, se realiza a menudo como una actividad secundaria y derivada de otros objetivos inmediatos (por ejemplo: la docencia, la formación de profesores, la infor-

mación y la administración), o bien como un área disciplinaria paralela a otros campos de la investigación social.

Las instituciones de investigación educativa en 1979 difieren de las seleccionadas en 1974,¹ lo cual da una idea de la movilidad de los intereses institucionales en un campo de investigación todavía muy joven, muy afectado por la transición de regímenes y con importancia creciente para el desarrollo.

Secretaría de Educación Pública

La investigación educativa se lleva a cabo, en primer lugar, en las dependencias administrativas centrales del sector educativo. En este caso, los grupos de asesores están concentrados a nivel ministerial en torno al Secretario en turno, en la Subsecretaría de Planeación y en la Subsecretaría de Educación Superior e Investigación Científica (heredera de la Dirección General de Coordinación Educativa del régimen anterior). La investigación realizada se vincula estrechamente con las necesidades de la planificación y de la toma de decisiones, y los resultados de los estudios por lo general no se difunden más allá del círculo restringido de las autoridades educativas interesadas. Sin embargo, los grupos de trabajo están constituidos, cada vez más, por especialistas, y han alcanzado solidez y continuidad en su labor, la cual está fuertemente respaldada por el desarrollo centralizado de la información y de la estadística educativa en la Dirección de Programación de la Secretaría de Educación Pública (SEP).

Otras instituciones del sector público

Las labores de investigación educativa del sector público administrativo se extienden a otras dependencias oficiales, como la Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP), el Instituto Nacional de Estudios del Trabajo (INET), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), y la Coordinación General

del Plan Nacional de Zonas Deprimidas y Grupos Marginados (COPLAMAR) en colaboración con el Instituto Nacional Indigenista (INI). La necesidad de control y evaluación del presupuesto asignado a la educación (en la SPP), la búsqueda de una mejor vinculación entre la educación, el empleo y el trabajo (en el INET y el PNUD), y el deseo de una mejor cobertura educativa de las áreas marginadas (en el INI), explican la necesidad que tienen estas dependencias de desarrollar nuevas áreas de investigación educativa que tengan relación estrecha con la toma de decisiones.

Philip Coombs, en su obra *Crisis de la educación, dice que el sistema educativo, cuna y madre del método científico, ha aplicado muy poco de sí mismo a sus propios asuntos*

El Centro de Estudios de Medios y Procedimientos Avanzados de Educación (CEMPAE) constituye un caso particular por su carácter de organismo descentralizado, aun cuando está estrechamente vinculado al aparato administrativo del sector educativo, y por su orientación preferente hacia la innovación (a través de sistemas abiertos) y el desarrollo de la tecnología educativa.

Instituciones de educación superior

Los sectores más importantes de investigación educativa se encuentran: a) en universidades públicas y privadas, b) en instituciones de nivel superior que pertenecen al subsistema de educación tecnológica, y c) en la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), organismo coordinador de este nivel educativo.

Son muy diversos los orígenes y la razón de ser de los centros de investigación que forman parte de las instituciones de educación superior. Así, por ejemplo, vemos que la Universidad Pedagógica Nacional (UPN) absorbió recientemente al antiguo Instituto Nacional de Investigación

Educativa (INIE), y sus integrantes participan directamente en tareas de planificación de la nueva Universidad y en labores de docencia e investigación educativa en el aspecto disciplinario.

Otros centros están relacionados con facultades, escuelas y carreras en el área de la educación —Escuela de Ciencias de la Educación de la Universidad de Monterrey (UEM), Centro de Estudios Educativos de la Universidad Veracruzana (CEE-UVC). Otros nacieron por una necesidad de formación de personal docente —Centro de Investigaciones y Servicios Educativos de la Universi-

dad Nacional Autónoma de México (CISE-UNAM), y el Centro Interdisciplinario de Investigación y Docencia en Educación Técnica (CIIDET) de Querétaro— o bien por la realización de un proyecto especial internacional —Centro de Experimentación para el Desarrollo de la Educación y Formación Tecnológica (CEDEFT).

El Servicio Nacional de Adiestramiento Rápido de la Mano de Obra (ARMO) y la ANUIES concentran sus esfuerzos en labores de documentación e información; además, esta última lleva a cabo investigaciones vinculadas con sus funciones de coordinación del sector de la educación superior.

El Departamento de Investigaciones Educativas (DIE) del Instituto Politécnico Nacional fue creado en 1971 en el seno del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CIEA). Su labor ha sido igualmente destacada en la formación de investigadores a nivel de maestría en nuestra área, en el desarrollo de nuevos medios educativos (los libros de texto gratuito, por ejemplo) y en la investigación disciplinaria.

El Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo (CEESTEM), desde hace poco tiempo, realiza investigaciones educativas en su

Departamento de Sociología de la Cultura y Educación para el Desarrollo.

Centros privados

La misma diversidad de orígenes y enfoques se manifiesta en el grupo de los centros privados de investigación educativa. El Centro de Estudios Educativos, Asociación Civil (CEE, AC), desde 1963 emprendió una labor pionera de investigación en el campo, que redundó en avances sig-

La investigación es un proceso social mediante el cual los grupos humanos transforman simultáneamente el conocimiento que tienen de su realidad y sus propias modalidades de acción sobre ésta

nificativos en el conocimiento de la problemática educativa nacional (evaluación y diagnóstico), en áreas disciplinarias, de desarrollo experimental, de información estadística, de documentación y de formación de especialistas en investigación educativa.

Otras instituciones como el Fomento Cultural y Educativo, Asociación Civil (FCE, AC), el Instituto Mexicano de Desarrollo Comunitario (IMDEC), y la Central para el Desarrollo y la Participación Social, Asociación Civil (CEDEPAS, AC) han emprendido esfuerzos novedosos de educación no formal relacionados directamente con experiencias de desarrollo de la comunidad (en particular en el medio rural).

El Instituto Mexicano de Estudios Sociales (IMES) realiza también investigaciones en este campo, y ha hecho algunas contribuciones importantes al desarrollo de la educación no formal.

El Instituto Interamericano de Estudios Sociológicos y Sociales (IESS), de Chihuahua, vincula sus investigaciones pedagógicas con la práctica educativa en una escuela para niños de lento aprendizaje.

Reuniones de Información Educativa, Asociación Civil (RIE, AC), desde 1975 emprende labores de difusión de la información educativa y, por extensión, se interesa en el desa-

rollo de esta investigación, tanto en el país como fuera de él.

Por último, de muy reciente formación, la Fundación Javier Barros Sierra (FJBS) realiza, de *motu proprio*, algunos estudios sobre prospectiva en educación, y colabora estrechamente con la SEP en otras investigaciones por contrato.

Sector externo

Las instituciones del sector externo han nacido, generalmente, en cola-

boración con organismos internacionales interesados en la educación. Aun cuando prestan diversos servicios a nivel internacional, su ubicación en el país es benéfica para el desarrollo del sector educativo y de la investigación. Por lo general, estas instituciones manifiestan intereses muy específicos de investigación: el Centro Latinoamericano de Tecnología Educativa para la Salud (CLATES), en el área de la salud; el Centro Regional de Educación Fundamental para América Latina (CREFAL), en la educación de adultos; el Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa (ILCE), en la producción de medios audiovisuales; y la Unión de Universidades de América Latina (UDUAL), en la documentación sobre educación superior.

Este primer acercamiento, forzosamente limitado, al universo de las instituciones de investigación educativa resultaría incompleto si no mencionáramos las importantes actividades realizadas en: a) dependencias de la SEP (Educación en el Medio Indígena, Educación de Adultos, etcétera); b) direcciones de planeación de algunas universidades: UNAM, Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA); y c) en proyectos de instituciones como el Centro de Estudios Generales (CEG), el Centro Nacional de

Productividad (CENAPRO), El Colegio de México, el Instituto de Investigación e Integración Social (IIS) de Oaxaca, y otras.

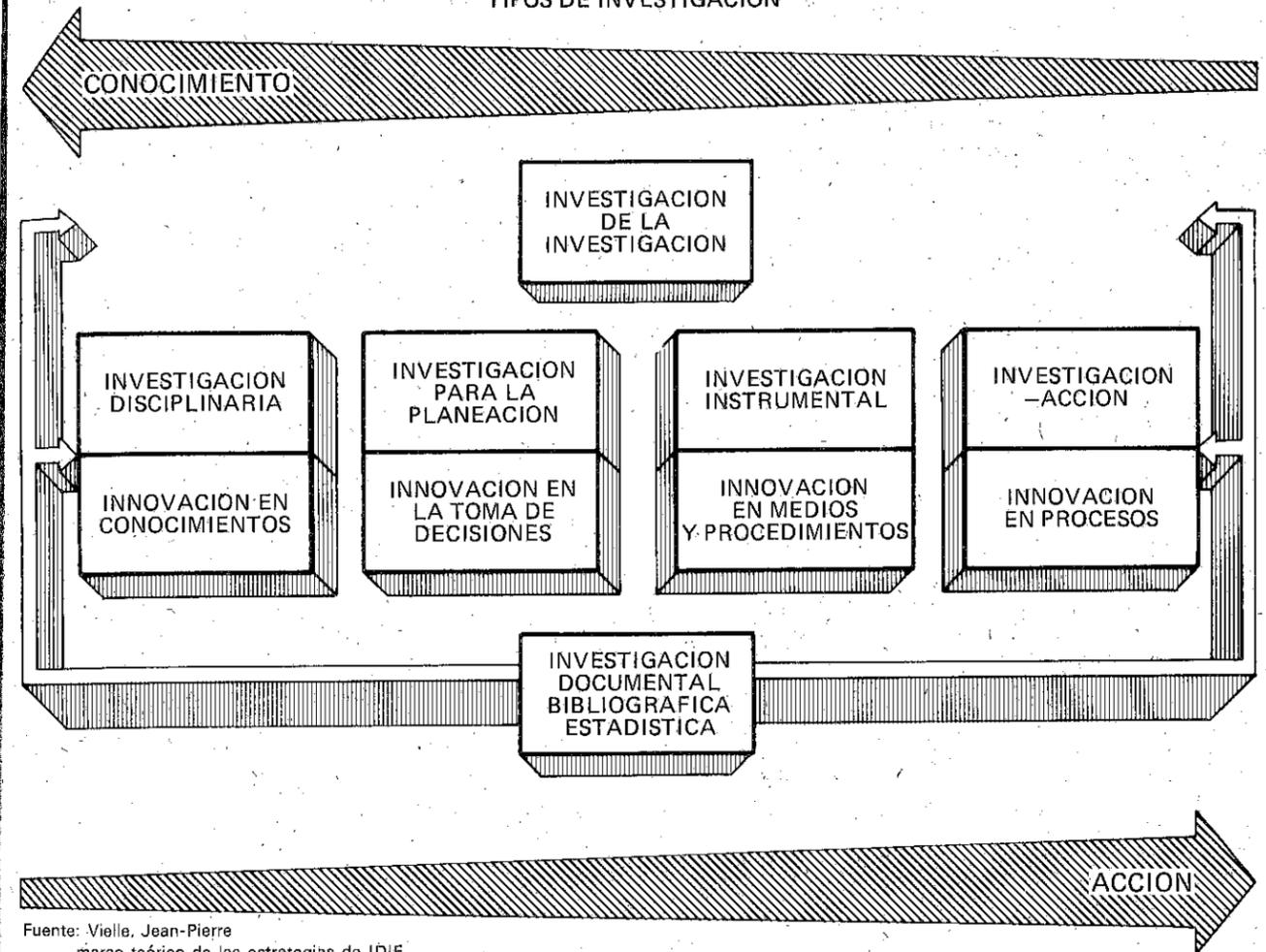
Naturaleza de la investigación realizada

En definitiva, la investigación es un proceso social mediante el cual los grupos humanos transforman simultáneamente el conocimiento que tienen de su realidad y sus propias modalidades de acción sobre ésta. Lo dicho hace peligrar la concepción tradicional de la investigación (producción de nuevos conocimientos, obra de especialistas), la cual estaría desvinculada de la aplicación de estos conocimientos en la toma de decisiones, en la ejecución, o simplemente en la acción. Tampoco resulta del todo correcto concebir la innovación (introducción de nuevas modalidades de actuar) como un proceso siempre posterior a, y consecuencia de, la investigación (producción de nuevas modalidades de conocer).

Las consideraciones anteriores resultan particularmente evidentes en el campo de la investigación educativa. El trabajo realizado en nuestra área no es fácilmente clasificable en las categorías tradicionales de investigación básica o aplicada, desarrollo experimental y actividades de apoyo. Estas afirmaciones coinciden, por lo demás, con las conocidas reflexiones de Lord Rotschild y otros especialistas en inventarios de ciencias humanas y sociales.^{2,3} Por otra parte, las clasificaciones que se hacen en las ciencias y técnicas de la educación resultan poco flexibles para acoger en su seno a la diversidad de actividades de investigación realizadas por los centros.⁴

Las clasificaciones utilizadas en los inventarios de I y D se atienen, por lo general, al criterio de que toda investigación ha de ser "disciplinaria" y que su producto (el nuevo conocimiento) se traduce en un enriquecimiento de la ciencia, mediante el cual se encuentra una guía certera para la acción y el desarrollo tecnológico y experimental. Es así como al lado de las disciplinas tradicionales (pedagogía y didáctica) se abren nuevas materias interdisciplinarias

TIPOS DE INVESTIGACION



Fuente: Vielle, Jean-Pierre
marco teórico de las estrategias de IDIE.
ERRAG-IDRC. 1978.

Gráfica 1

en educación como: sociología de la educación, psicología educativa, economía de la educación, historia y filosofía de la educación, etcétera. Estas resultan ser categorías muy claras, pero en ellas difícilmente cabe, por ejemplo, un proyecto de educación no formal.

Por otro lado, las áreas de administración educativa, medios educativos y reforma educativa, no son disciplinarias por sí mismas; y resulta difícil ubicar en ellas los estudios de apoyo para la planificación, la elaboración de libros de texto gratuito, el desarrollo de sistemas abiertos, etcétera. Sin embargo, los proyectos realizados en estas áreas son ejemplos claros de la investigación educativa que se ha llevado a cabo.

Tipos de investigación educativa

El propósito de encontrar categorías de investigación que correspondan a la naturaleza real y a la diversidad de las actividades realizadas en educación, y que permitan poner de relieve el carácter innovador de estas actividades, nos llevó a proponer una tipología,⁵ que fue adoptada por el Educational Review and Advisory Group (ERRAG) del International Development Research Centre (IDRC) de Canadá,⁶ y propuesta en un Congreso Internacional⁷ y en reuniones del ERRAG con el World Bank.

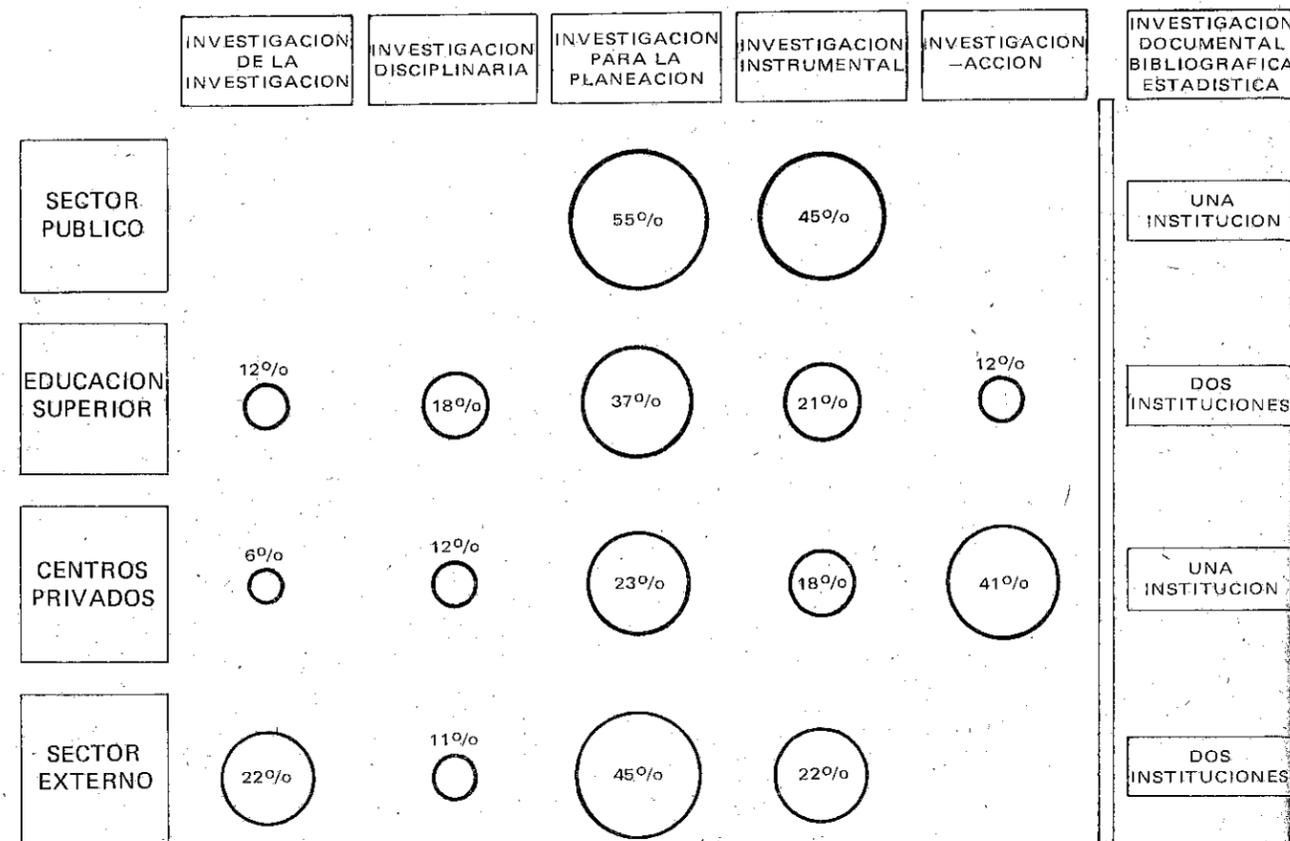
Los tipos usuales de investigación

en educación (véase gráfica 1) son los siguientes:

a) *Investigación de la investigación educativa*: proyectos destinados a analizar y evaluar la orientación, las prioridades, las condiciones de producción y de difusión, las metodologías y los procedimientos, además de las estrategias de investigación educativa. El producto de este primer tipo de trabajo se refleja en los nuevos conocimientos obtenidos sobre la misma investigación educativa, así como su utilidad y efecto en el cambio.

b) *Investigación disciplinaria*: proyectos que analizan y evalúan los fenómenos educativos y la interacción de las variables que los componen o los relacionan con el resto de la sociedad. El resultado de esta actividad

MODALIDADES DE INVESTIGACION EDUCATIVA



Fuente: Proyecto PNIIE-CONACYT / RIE, 1979

Gráfica 2

es, por lo general, un nuevo conocimiento de lo educativo y un enriquecimiento de las diversas disciplinas que lo estudian.

c) *Investigación para la planificación*: proyectos que emprenden la evaluación, el diagnóstico y el pronóstico de los sistemas educativos; diseñan planes y programas educativos; definen papeles por asumir y estrategias de acción por realizar. La consecuencia de esta labor se expresa, por lo general, en los patrones de acción propuestos (bases de la política educativa y del proceso de toma de decisiones), así como en la ejecución de las nuevas medidas.

d) *Investigación instrumental*: proyectos destinados a introducir modificaciones directas en los contenidos, en los procedimientos de acción, en las tecnologías y en los medios educativos. La investigación aparece en este caso como un apoyo inmediato a

la innovación de sistemas, y su resultado se manifiesta en los nuevos procedimientos y medios introducidos.

e) *Investigación-acción*: proyectos que emprenden directamente la realización del proceso educativo en una forma novedosa y a menudo experimental. La investigación aparece en este caso como un ejercicio compartido por todos los implicados y, al límite, se confunde con el proceso mismo del aprendizaje colectivo. Su producto es el nuevo proceso iniciado, conocido y realizado por los participantes.

f) *Investigación documental, bibliográfica y estadística*: proyectos enfocados hacia el análisis y la sistematización de la información educativa (en todas sus modalidades), considerada como base e insumo indispensable, tanto para los otros tipos de investigación como para la toma de decisiones.

La experiencia demuestra que estas categorías resultan muy operati-

vas, y que las instituciones logran con facilidad ubicar en ellas sus propias actividades.

El cuestionario levantado en marzo de 1979, en la Primera Reunión de los Directores de Centros de Investigación Educativa, que se llevó a cabo en el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), nos permite analizar a grandes rasgos la naturaleza de las actividades emprendidas en los centros (véase gráfica 2).

Predominio de la investigación operativa

Los datos obtenidos con el cuestionario confirman, en primer lugar, la tendencia general observada ya anteriormente.⁷ Casi todos los centros dedican gran parte de su atención a la planificación y a la investigación instrumental, como apoyo a la admini-

stración de los sistemas educativos. Esta tendencia, iniciada con la reforma educativa en el régimen anterior, parece acentuarse y se traduce en una búsqueda pragmática de mayor eficiencia y modernización de los sistemas escolares existentes.

La investigación para la planificación predomina, como ha de suponerse, en las instituciones del sector público situadas en el aparato rector del sistema escolar, y en los centros del sector externo (asesoría). Sin embargo, es notable que también empiecen a representar una proporción importante de la labor de investigación realizada en las universidades (en búsqueda de mayor eficiencia) y aun en los centros privados (en estudios por contrato realizados para la administración pública).

Investigación disciplinaria en declive

La investigación disciplinaria representa una proporción significativa de las actividades de los centros situados en instituciones de educación superior (18%). Esto puede explicarse por el carácter tradicionalmente más especulativo de las labores de investigación realizadas en las universidades, y por la división del trabajo disciplinario en escuelas, facultades y centros, en función de las diversas áreas del conocimiento. En nuestro caso, la investigación disciplinaria se lleva a cabo sobre todo en escuelas de pedagogía y en maestrías en educación o en ciencias y técnicas de la educación, y otras. Estas escuelas se multiplicaron en el país a partir de 1975.⁸

La disminución relativa de la importancia de la investigación disciplinaria desde 1974 puede resultar, a la postre, muy negativa para el desarrollo global del área. La relevancia de este tipo de investigación ha sido a menudo sobrevaluada, en la medida en que se le considera como la única forma de "análisis científico"; sin embargo, se advierte la imposibilidad de un desarrollo sano de las otras formas, si carecen del apoyo sólido y creciente de la investigación en las disciplinas educativas o conexas. Este argumento es particularmente válido para los países del Tercer Mundo, en el contexto actual del

desarrollo cultural internacional, dominado por los modelos y aportaciones científicas de los países hegemónicos.^{9, 10}

La investigación-acción

La investigación-acción representa el 41% de la actividad realizada en centros privados, y el 12% en instituciones de educación superior.

Este tipo de investigación no es una modalidad reciente. Los sistemas de enseñanza activa, como el Freynet, el Montessori y el Summerhill, que nacieron de una experiencia

Meta-investigación

La investigación de la investigación educativa constituye una proporción elevada de las actividades realizadas en las instituciones del sector externo. Como reflexión sobre las metodologías de investigación, este género de actividad se realiza en cualquier tipo de proyectos y en todos los sectores, salvo en los centros del sector público que aparentemente no pueden dedicar mucho tiempo a las controversias metodológicas.

Las instituciones creadas en Méxi-

Casi todos los centros dedican gran parte de su atención a la planificación y a la investigación instrumental, como apoyo a la administración de los sistemas educativos

práctica nueva y muy participativa, se convirtieron más tarde en nuevas teorías y metodologías educativas.

Los proyectos de investigación-acción realizados en el Tercer Mundo, y particularmente en nuestro país, se caracterizan porque, muy a menudo, se sitúan fuera de los sistemas escolares tradicionales (en centros privados); se vinculan estrechamente con proyectos globales de desarrollo de la comunidad (rural, en particular); e intentan desarrollar opciones educativas y de capacitación más acordes con las potencialidades y las aspiraciones de los marginados de la educación.¹¹

La situación "marginal" de estos proyectos y su carácter "radicalmente" novedoso muchas veces dificultan la penetración de los nuevos principios y metodologías establecidos en el aparato anquilosado de los sistemas escolares tradicionales. Sin embargo, su carácter científico es elevado, aun cuando su contenido político o de concientización resulte innegable.

La pedagogía participativa utilizada en estos proyectos ha penetrado en las instituciones de educación superior, en las que a menudo se realizan experiencias novedosas y participativas de evaluación institucional (autodiagnósticos); en el diseño de programas de estudios, y en programas para la formación de personal académico.¹²

Investigación de apoyo informativo

Numerosos centros de investigación educativa tienen biblioteca propia (o acceso a la sección de educación de la biblioteca general perteneciente a la institución en que se ubican), además de que han empezado a desarrollar servicios documentales y de archivo propios.

Conviene destacar la labor informativa realizada por algunos organismos especializados (véase gráfica 2) como el servicio de investigación documental y bibliográfica, de la Dirección de Programación de la Sub-

UNA M

CORRESPONDENCIA CON DERECHOS POR COBRAR SOLAMENTE SERVICIO NACIONAL

Los derechos que cause esta pieza serán pagados por la Dirección de Publicaciones del CONACYT

SUPERFICIE

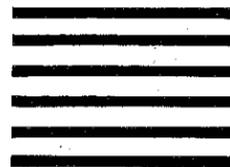
CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA
Dirección de Publicaciones

Cargo Administración de Correos No. 20
México 20, D.F.

1a. CLASE

Permiso postal
No. 3227

México 20, D.F.



REMITE

Nombre _____

Dirección _____

Ciudad _____

Z.P. _____

Estado _____

INFORMACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA

De venta en puestos de periódicos,
tiendas de descuento y grandes almacenes.

42 000 ejemplares circulación
certificada por el despacho Casas Alatraste

Precio 10 pesos.

Favor de suscribirme a la revista Información Científica y Tecnológica
24 números por 200 pesos.

Adjunto cheque No. _____ Giro postal _____

Nombre _____

Dirección _____

Zona postal _____ Ciudad _____

Estado _____ Tel. _____

Enviar este cupón y cheque o giro postal a: CONACYT, Insurgentes Sur
1814, 8o. piso, México 20, D.F.

El Programa Nacional Indicativo de Investigación Educativa

POR PABLO LATAPI

Los objetivos del Programa Nacional Indicativo de Investigación Educativa son, entre otros, orientar a la comunidad científica en el campo de la investigación sobre los problemas educativos; impulsar la investigación educativa en el país y proporcionar apoyos técnicos y financieros a proyectos específicos en esta área



Pablo Latapi

El desarrollo de la educación nacional en 1979 requirió de un gasto mayor a los cien mil millones de pesos. Sin embargo, lo que el país gastó en investigación educativa difícilmente llegó a los doscientos millones, es decir, al dos por millar de su gasto en educación. Este indicador económico sugiere que nuestra capacidad de investigación educativa es muy desproporcionada respecto a los requerimientos nacionales.

Si somos un país con una población cuyo nivel es de tercer año de primaria (promedio de escolaridad de la población adulta), y si nuestro sistema educativo adolece de graves deficiencias cuantitativas y cualitativas, debemos hacer un gran esfuerzo para aumentar nuestra capacidad de investigación científica en el campo de la educación, lo que implica una importante contribución al conocimiento de la naturaleza de nuestros problemas, y una considerable ayuda en la búsqueda de soluciones. En este artículo se hablará de las actividades del Consejo Nacional de Ciencia y

Tecnología (CONACYT) para promover la investigación en el campo educativo.¹

Los programas indicativos

El CONACYT dispone de programas nacionales indicativos, cuyos objetivos son promover la investigación y vincular entre sí a los miembros de la comunidad científica de un campo determinado, y a éstos con los usuarios de la investigación. Los programas indicativos son acciones bastante flexibles, por lo que no es de extrañar que cada uno de ellos adopte, en su organización y objetivos, características peculiares. En la actualidad operan diez de estos programas:²

Funciones del programa

El Programa Nacional Indicativo de Investigación Educativa (PNIIE) se

ha propuesto desempeñar tres funciones fundamentales: 1) una *función indicativa*, por medio de la que intenta orientar al propio CONACYT, a otros organismos gubernamentales, a la comunidad científica y a los usuarios de la investigación, en el campo del estudio de los problemas educativos; 2) una *función promocional*, orientada a consolidar y fortalecer la investigación educativa en el país, impulsando el desarrollo de las instituciones, la formación de recursos humanos, la comunicación y coordinación entre las instituciones y entre los investigadores, los servicios de documentación e información, la publicación y difusión de los estudios, la utilización de los mismos, la vinculación con los usuarios, la colaboración internistitucional y la cooperación internacional, y 3) una *función operativa*, a través de la cual proporciona apoyos técnicos y financieros a proyectos específicos en su área.

El CONACYT realiza estas funciones a través de un vocal ejecutivo y un secretario técnico, con ayuda de un Comité del Programa.³

¿Qué hace el PNIIE?

En sus tres primeros años el PNIIE elaboró varios trabajos fundamentales: con base en los resultados del inventario realizado por el CONACYT en 1974, estudió el marco general de la investigación educativa en México, elaboró el marco normativo de su propio funcionamiento y emprendió actividades operativas de apoyo a la investigación, principalmente para la selección y evaluación de los proyectos.

Además, este programa atendió de

El PNIIE se ha propuesto ser algo más que un simple banco de recursos financieros para la investigación educativa

diversas maneras la formación de recursos humanos para la investigación educativa, elaboró varios trabajos sobre la situación de las instituciones y de los proyectos en su área, definió los campos prioritarios de investigación, y colaboró en la formulación del Plan Nacional Indicativo de Ciencia y Tecnología (así como en la del Programa Nacional de Ciencia y Tecnología, de 1977 a principios de 1978). El trabajo del PNIIE en esos años, no obstante, se concentró en la promoción de proyectos de investigación.

Para la selección de los proyectos se optó por la "demanda abierta", eligiendo algunas solicitudes a las que se les otorgaba apoyo. Más tarde se utilizó el procedimiento de convocatoria, con bases más restringidas. Durante los primeros años se subsidiaron siete proyectos.

El PNIIE intenta impulsar equilibradamente las funciones indicativa, promocional y operativa.

Función operativa

El apoyo financiero y técnico a proyectos de investigación continúa, y a él se dedica el 70% de los recursos disponibles. Siendo escasos estos recursos, se ha optado por una nueva estrategia (distinta a la "demanda

abierta" o convocatoria) que pretende ser más congruente con el carácter indicativo del programa. Se subsidiaron proyectos de investigación sólo en siete campos prioritarios, que se han determinado a partir de las actuales necesidades de la Secretaría de Educación Pública (SEP)⁵ y son los siguientes:

1. Evaluación cualitativa de los contenidos de la educación básica, en lo referente a conocimiento, actitudes y desarrollo intelectual. Interesa llegar a recomendaciones para que dichos contenidos se adecúen a las necesidades locales y regionales.

2. Desarrollo experimental de mé-

todos de formación del magisterio (especialmente para maestros en ejercicio), que acentúen el desarrollo de su capacidad crítica y creativa.

3. Desarrollo experimental de programas compensatorios y preventivos que puedan contrarrestar los efectos de los factores externos sobre el acceso, la permanencia y el aprovechamiento en el nivel primario, tanto en zonas rurales como en urbanas marginadas.

4. Desarrollo experimental de proyectos educativos que formen parte de planes de desarrollo económico rural, cuyo objetivo sea el incremento del empleo en el campo.

5. Evaluación formativa de la educación tecnológica de nivel medio y superior, con especial atención a la vinculación con los canales de acceso al mercado de trabajo.

6. Desarrollo experimental de proyectos de educación bilingüe y castellanización para poblaciones indígenas.

7. Estudio de la administración y asignación de recursos económicos en el sistema educativo nacional, para procurar una mejor distribución y una mayor justicia en su utilización.

Para promover la investigación en estos campos, hay casos en que el PNIIE le pide a algunas instituciones dedicadas a esa tarea que elaboren el

diseño de los proyectos que se propone promover, mientras que otras desarrollan el diseño. A veces la misma institución que prepara el diseño por contrato se encarga también de desarrollarlo; en otros casos, el programa recibe y apoya proyectos no comisionados que se ajustan a la prioridades establecidas.

En la selección de proyectos subsidiados aún no se ha encontrado un procedimiento que concilie adecuadamente los intereses de las instituciones con las prioridades de la política educativa, la capacidad de investigación con sus necesidades propias, y la garantía de un buen trabajo científico con el deseo de reforzar y alentar instituciones nacientes que carecen de calificación y experiencia.

El PNIIE se ha propuesto ser algo más que un simple banco de recursos financieros para la investigación educativa. Además de hacer hincapié sobre su carácter indicativo en la selección de proyectos que subsidia, aspira a ser un interlocutor crítico ante las instituciones que le presentan solicitudes. Se pretende colaborar con la comunidad científica para el mejoramiento técnico de los proyectos, y por esto se presta asistencia técnica a algunos de los estudios que subsidia, o se contratan consultores externos para este efecto.

Algunos ejemplos de los proyectos subsidiados en el último año dan idea de cómo el PNIIE está orientando su función operativa:

1. En la ciudad de Chihuahua, una pequeña institución de investigación educativa está experimentando un modelo innovador para actualizar a los profesores de enseñanza primaria, con el fin de capacitarlos en técnicas de individualización de la enseñanza. Este proyecto, subsidiado conjuntamente por la SEP y el PNIIE, adopta una estrategia de multiplicadores: cada profesor actualizado forma en un año a otros cuatro en ejercicio, a través de un sistema riguroso de observación y experimentación (Prioridad 2).

2. En los ejidos "El Coecillo" y "Emiliano Zapata" de Silao, Guanajuato, hay un grupo de campesinos, apoyado por una institución de promoción educativa, que va determinando participativamente las formas de capacitación requeridas para

desarrollar una pequeña industria agroindustrial. Este proyecto educativo sostenido por el PNIIE trata de articularse en un plan económico que consiste en la producción de derivados lácteos. Interesan principalmente dos aspectos: a) la experimentación de una acción educativa práctica, vinculada con un proyecto agropecuario, y b) la participación campesina en la regulación de esa actividad, sobre todo con el fin de que adquieran conciencia de su ubicación en el proceso productivo (Prioridad 4).

3. En Ciudad Netzahualcóyotl, Estado de México, una institución de investigación educativa promueve el desarrollo experimental de nuevas formas de educación preventiva y compensatoria entre niños en edad preescolar. El proyecto, subsidiado por el PNIIE y la SEP, intenta esclarecer hasta qué punto una mejor nutrición, una mayor interacción con los padres de familia y una metodología de aprendizaje más activa pueden compensar las deficiencias del medio (Prioridad 3).

4. Hay algunas investigaciones más convencionales en sus métodos que también son apoyadas parcialmente por el programa. Así, un estudio realizado por una institución de investigación educativa del sector público, analiza las relaciones entre la educación superior y el trabajo en México (Prioridad 5). Existe una investigación de la SEP orientada a la depuración y regionalización de los contenidos de la educación básica (Prioridad 1). Y otra auspiciada por una fundación privada, pero que investiga a petición de la SEP, analiza la asignación de recursos económicos del gobierno federal a los diversos rubros de la acción educativa, con miras a formular recomendaciones adecuadas a los requerimientos del país (Prioridad 7).

Función indicativa

Esta función se lleva a cabo tanto respecto al propio CONACYT como a la comunidad científica y a los usuarios de la investigación educativa.

La manera en que el programa colabora para orientar al propio CONACYT, se puede ver en el campo de

la formación de personal calificado. El PNIIE ha colaborado estrechamente con la Dirección Adjunta de Formación de Recursos Humanos con el fin de determinar los criterios en la asignación de becas para estudios de posgrado en educación, y participa en el comité respectivo. ¿En qué especialidades conviene que se preparen los becarios que estudian en el extranjero, en qué países e instituciones, o en qué instituciones de México? ¿Qué sectores integran la demanda de estas becas (profesores de educación superior, administradores de la educación, promotores, planificadores, investigadores, etcé-

La tarea de crear y fortalecer la "capacidad" de investigación es sumamente compleja en cualquier campo científico

tera) y cómo podemos conocer el volumen y las especialidades que se necesitan en cada sector? ¿En qué proporción se requieren los grados de maestría, doctorado, o las especializaciones en el campo educativo (y para qué funciones), tanto a mediano como a largo plazo? Estas y otras interrogantes ilustran el tipo de problemas en que se precisa de la asesoría del PNIIE.

En lo que respecta a la comunidad científica, el programa se ha propuesto promover reuniones especializadas de investigadores. En diciembre de 1978 se realizó un simposio de tres días, al que asistieron cuarenta investigadores, que analizó el balance actual de las investigaciones sobre cuatro temas: alfabetización, relación entre la educación y el trabajo, efectividad del maestro, y las funciones-producción aplicadas al proceso educativo.⁶

La necesidad de este tipo de reuniones es tan obvia que el PNIIE decidió multiplicarlas en 1979. A través de Reuniones de Información Educativa, A. C. (RIE, A. C.) y en estrecha colaboración con los centros de investigación, se organizaron cuatro coloquios de tres días, orientados a revisar críticamente los avances de la investigación y de la innovación educativas en algunos aspectos específicos. La aceptación de estas reuniones por

parte de los investigadores permite esperar que en el futuro lleguen a consolidarse como un mecanismo orgánico de comunicación entre los investigadores, y que sean una orientación de la investigación educativa para las necesidades nacionales.

Orientar a los usuarios de la investigación sobre educación, así como fortalecer los vínculos entre éstos y los investigadores, es una tarea más difícil. El PNIIE intenta atacarla de dos formas:

1. Promoviendo un estudio sobre el desarrollo de la investigación educativa, con miras a esclarecer diversas hipótesis sobre la manera en que

ésta se produce, se difunde y se utiliza. El conocimiento del fenómeno de la investigación educativa, entendida como un proceso social en su contexto concreto, será de gran ayuda no sólo para ubicar las acciones del propio programa, sino para orientar a las instituciones acerca de la investigación más adecuada a las condiciones del país.

2. Organizando encuentros entre los investigadores y los responsables de las decisiones políticas (el primero de éstos, en mayo de 1979, trató el problema de la desigualdad educativa), con miras a comprender mejor la relación que existe entre ambos. ¿Qué investigaciones conocen los políticos? ¿Qué acciones políticas conocen los investigadores? ¿Qué reproches se hacen mutuamente? ¿Qué esperan unos de otros? ¿Qué sucede con el nuevo conocimiento en el ámbito de la decisión política? ¿De qué depende que un proyecto determinado tenga repercusión en las decisiones? ¿Qué efectos no pretendidos produce la investigación? Las dimensiones sociológicas del conocimiento y, en particular, la relación de éste con el poder político, en el caso de la investigación en educación, son asuntos de especial potencialidad para mejorar la calidad de la investigación y de la política educativa.

Otra acción del PNIIE que de-

muestra su preocupación por relacionar la investigación con sus usuarios, consiste en llevar la investigación educativa a los maestros. Se está promoviendo la publicación de folletos destinados a los profesores de primaria, donde se exponga en lenguaje accesible lo que la investigación científica ha descubierto sobre temas que les atañen directamente, como el saber de qué depende la efectividad del maestro o qué métodos son más eficientes para enseñar a leer. El mismo folleto incluye técnicas sencillas que el mentor puede emplear para investigar en su salón de clases. Con lo anterior se pretende vincular a los

La filosofía del programa no es "hacer las cosas", sino facilitar que las instituciones de investigación educativa las hagan

maestros que se interesan por un tema determinado con las instituciones de investigación. De esta manera, los educadores recibirán una asesoría adecuada (e irán modificando sus actitudes y comportamientos), y los centros de investigación se vivificarán por el contacto con la realidad cotidiana de la educación.

Función promocional

La tarea de crear y fortalecer la capacidad de investigación es sumamente compleja en cualquier campo científico. No basta con formar buenos investigadores y consolidar las instituciones. Estudios recientes⁷ ponen de relieve la importancia de muchos otros componentes (principalmente en países en desarrollo) como: las habilidades específicas que se requieren de los investigadores, el disponer de buena información organizada, ciertos niveles de equipo, una adecuada distribución del poder dentro de las instituciones, una dirección competente, canales de difusión e interpretación de la investigación, redes de comunicación y relación con los usuarios, aceptación política, coordinación con otras instituciones, ambiente favorable para la investigación, etcétera. La consolidación de la capacidad investigadora sobre los

problemas educativos nacionales tiene que atender todos estos aspectos, muchos de los cuales dependen de factores intangibles. Lo que el PNIIE hace al respecto es muy poco. En el último año se organizaron dos reuniones con cerca de 60 directores de instituciones de investigación educativa; en ellas se discutieron los lineamientos del propio programa y las principales necesidades de los centros. Actualmente se trabaja para encontrar la manera de asegurar una comunicación orgánica y constructiva.

Con el propósito anterior, el programa apoyó las reuniones de información educativa que se realizaron

en la ciudad de México en los últimos tres años. Estas reuniones mensuales son promovidas y organizadas por un grupo de investigadores para informar sobre los principales eventos relacionados con la educación. A cada reunión se invita a tres expositores, que de alguna manera han protagonizado la noticia que se comenta. Suelen asistir unos 80 investigadores o educadores. Es probable que el campo educativo sea el único en la comunidad científica del país que cuenta con un mecanismo semejante.

Para colaborar en la formación de personal calificado en su área, el PNIIE propuso un estudio⁸ sobre las maestrías en educación que existen en México, que son más de 20 y presentan características muy heterogéneas. Con base en ese estudio, el programa organizó una reunión de los directivos de maestrías, en la que se inició la discusión de sus problemas. El hecho de que la mayor parte de estas maestrías se haya realizado recientemente, permite suponer que aún se está a tiempo para establecer formas de coordinación y mecanismos de equivalencia, con el fin de evitar la anarquía que prevalece en otras áreas de estudios de posgrado.

El programa también ha promovido y apoyado acciones más específicas para la formación de recursos humanos, como son: el seminario-taller sobre evaluación de proyectos de in-

vestigación educativa, otros estudios sobre metodologías de investigación para proyectos de capacitación rural, y los encuentros ya mencionados a propósito de la función indicativa. La limitación en esta línea de actividades proviene de las propias instituciones que consideran la organización de estos eventos como una carga adicional que no les reporta beneficios inmediatos.

El programa ha puesto especial interés en promover los servicios de documentación e información en su área. El propio PNIIE ha organizado un servicio de documentación, especializado en material de difícil adquisición que se envía a 150 instituciones. De mayor alcance es otro servicio que el programa ha estimulado y apoyado: el establecimiento de seis bibliotecas especializadas en educación, coordinadas por la del Centro Latinoamericano de Tecnología Educativa para la Salud (CLATES), quienes publican un boletín bibliográfico quincenal⁹ que se envía a 650 instituciones del país y del extranjero, cubriendo cerca de 250 revistas especializadas. Quizás lo más relevante de esta iniciativa es que se trata de una eficaz colaboración entre varias instituciones, cosa poco usual en nuestro medio.

No obstante, aún quedan muchos asuntos pendientes con el fin de mejorar los escasos servicios de documentación e información en el área de investigación educativa. La preparación de bibliotecarios especializados, el mejoramiento de los sistemas, y la formación de los investigadores como usuarios de estos servicios, son tres grandes carencias que están limitando la calidad de la investigación educativa en México.

EL PNIIE no es más que las instituciones

El programa no se propone simplemente "hacer las cosas" sino facilitar que las instituciones de investigación educativa las hagan. El programa sólo intenta estimular, provocar e interactuar. La dinámica de la investigación educativa no depende de él, sino de las propias instituciones y del contexto social en que operan. Un presupuesto relativamente pequeño —siete millo-

nes de pesos al año— y un equipo de cuatro personas sólo pueden aspirar a ofrecer una colaboración complementaria a la comunidad científica.

Proporcionar al país una mejor educación es un reto difícil en estas décadas de intenso desarrollo y de reconocida crisis en los sistemas educativos. El CONACYT, a través del PNIIE, procura colaborar en la maduración y consolidación de una investigación educativa que esté a la altura de ese reto.

NOTAS

1. La actual situación de la investigación educativa en México se describe en otro artículo de este número: "Panorama de la investigación educativa en México", de Jean-Pierre Vielle.

2. En las áreas de: Alimentación, Agropecuaria y Forestal, Ciencias Básicas, Demografía, Ecología, Educación, Meteorología, Recursos Minerales, Recursos Marinos, y Salud.

3. En la primera fase del programa, hasta mayo de 1978, el vocal ejecutivo fue el doctor Jaime Castrejón y el secretario técnico el doctor Galo Gómez. El Comité del Programa estuvo integrado por: Fernando García, Enrique González Casanova, Moisés Jiménez Alarcón, Pablo Latapí, Rodrigo Medellín, Adolfo Mir, Armando Palacios, Manuel Puebla, Alfonso Rangel Guerra, Jean-Pierre Vielle y Juan Manuel Gutiérrez-Vázquez. En su fase actual, el vocal ejecutivo es el doctor Pablo Latapí, el secretario técnico es el doctor Galo Gómez, y los miembros del Comité son: Miguel Alonzo, José Angel Pescador, Sylvia Schmelke, José Luis Quintero y Jean-Pierre Vielle. Los programas indicativos dependen de la Dirección Adjunta de Desarrollo Científico, cuyo director es el físico Xavier Garzón.

4. Pueden verse las publicaciones siguientes: Documento preliminar para la fundamentación del Programa Nacional Indicativo en Ciencias y Técnicas de la Educación, Serie Documentos, núm. 21, CONACYT, México, 1976.

Aportaciones del Comité de Educación para la Formulación del Plan Nacional de Ciencia y Tecnología. Serie Estudios, núm. 4, CONACYT, 1976, México.

Programa Nacional Indicativo en Ciencias y Técnicas de la Educación, Serie Documentos, núm. 15, CONACYT, 1976, México.

5. Ver en este mismo número "Las prioridades educativas", de Miguel Alonzo.

6. EL PNIIE publicará la memoria de este simposio.

7. Schaeffer, Sheldon F., "Increasing Educational Research Capacity: Issues, Dynamics, and Alternatives". *Educational Research Review and Advisory Group*, Ottawa, 1979 (mimeo).

8. Ezpeleta, Justa y Sánchez, Ma. Elena, *Las maestrías de educación en México*, Departamento de Investigaciones Educativas, CIEA-IPN, México (mimeo). Ver también en este número "Programas de maestrías en educación en México", de Galo Gómez Oyerzún.

9. Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa.

PRESUPUESTO POR PROGRAMA DEL SECTOR EDUCATIVO¹ (1978)

PROGRAMAS	(Miles de pesos)	%
Total	74 372 755	100.0
11. Educación Básica Preescolar	1 540 266	2.1
12. Educación Básica Primaria	24 606 572	33.1
13. Educación Básica Secundaria	12 647 421	17.0
14. Educación Básica Especial	208 827	0.3
15. Educación Media	8 374 404	11.3
16. Educación Superior	12 318 809	16.6
21. Servs. Educ. a Zonas Deprimidas y Grupos Marginados	1 789 732	2.4
22. Capacitación	1 460 213	2.0
23. Sistemas Abiertos	41 252	0.1
31. Conservación y Difusión del Patrimonio Cultural de México	216 905	0.3
32. Fomento y Difusión de las Artes	537 153	0.7
33. Promoción, Fomento y Difusión de la Cultura Popular	29 910	0.0
34. Sistema Nacional de Museos	126 988	0.2
35. Sistema Nacional de Bibliotecas	154 215	0.2
36. Promoción Editorial	133 897	0.2
37. Cultura y Educación Audiovisual	185 271	0.2
41. Deporte Amateur no Escolarizado	229 389	0.3
42. Recreación no Deportiva	88 510	0.1
43. Promoción Juvenil	140 163	0.2
44. Salud Integral	6 147	0.0
51. Formación del Magisterio	1 120 621	1.5
52. Actualización, Mejoramiento y Superación del Magisterio	432 486	0.6
53. Formación de Maestros y Promotores para la Educación no Formal	7 900	0.0
54. Formación y Capacitación de Personal Técnico y Administrativo	17 396	0.0
55. Investigación y Tecnología Educativa	349 667	0.5
61. Administración Central	2 926 759	3.9
62. Administración General del Sistema	2 634 867	3.5
63. Planeación	303 615	0.4
64. Material Didáctico	782 817	1.0
65. Servicios Complementarios al Educando	960 583	1.3

1. El Sector Educativo comprende a la Secretaría de Educación Pública, a sus organismos desconcentrados, descentralizados y a los coordinados.

Fuente: Dirección General de Programación de la Secretaría de Educación Pública

Nota de C y D. Los cuadros que aparecen al final de los artículos referentes a la educación en México no forman parte de ellos y constituyen una información adicional sobre este tema.

**METALOGENESIS EN LATINOAMERICA
4 Y 5 DE FEBRERO DE 1980, CIUDAD DE MEXICO**

Estas conferencias serán patrocinadas por la Unión Internacional de Ciencias Geológicas junto con otras Agencias Internacionales, y organizadas por un Comité Mexicano que preside el ingeniero G. P. Salas, vicepresidente de la UICG.

Propósito:

La conferencia se relacionará con las tres mayores zonas geológicas de Latinoamérica, sobre todo las estables o cratons, las cordilleras y los márgenes continentales, los límites de las placas oceánicas en términos de geología regional, metalogénesis y depósitos específicos de minerales.

Programa:

Lunes 4 de febrero de 1980

8:00-8:30 — observaciones introductorias —

R. Trumphy, presidente de la UICG

Bienvenida y exposición general — G. P. Salas, presidente del Simposio

9:00-12:00 — 6 disertaciones sobre las regiones estables o cratónicas

12:00-14:30 — 5 disertaciones sobre las cordilleras

Martes 5 de febrero de 1980

8:00-9:00 — 2 disertaciones sobre las cordilleras

9:00-12:00 — 6 disertaciones sobre los márgenes continentales/límites de placas

12:00-14:30 — discusión

Comité Organizador:

G.P. Salas, de México (presidente)

J.L. Lee-Moreno, de México (secretario)

R. González-Jameson, de México

Comité del Programa Científico:

G.P. Salas, de México (presidente)

J.A. Reinemud, de EE.UU.

A. Bellizia, de Venezuela

W.W. Hutchison, de Canadá

J.L. Lee-Moreno, de México

Favor de confirmar su asistencia a:

Dr. José Luis Lee-Moreno,

Conferencia sobre "Metalogénesis en Latinoamérica",

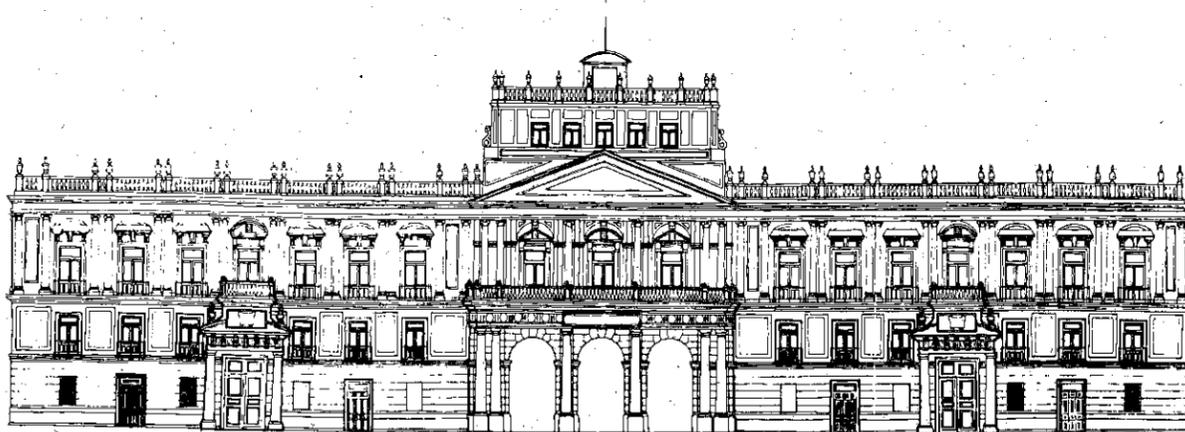
Consejo de Recursos Minerales,

Niños Héroes 139,

México 7, D. F.

México.

Tel. 578-59-42. Telex: 01771382



**I FERIA INTERNACIONAL DEL LIBRO MEXICO-UNAM FACULTAD DE INGENIERIA
DEL 3 AL 11 DE MAYO DE 1980 PALACIO DE MINERIA**

**TODOS LOS LIBROS • TOUS LES LIVRES • ALL THE BOOKS
I INTERNATIONAL BOOK FAIR IN MEXICO • I FOIRE INTERNATIONALE DU LIVRE AU MEXIQUE**

INFORMACION Y SOLICITUDES DE PARTICIPACION: TACUBA 5 MEXICO 1, D. F. TEL. 550-7413 TELEX: 017-71-427 ENIME/MINERIA

La comunicación química en los mamíferos

POR MONICA LAVIN

La comunicación química en los mamíferos es un nuevo tema de investigación, cuyo estudio integral requiere del concurso de diversos especialistas



Mónica Lavín

El académico Vladimir Sokolov, director del Instituto A. N. Svrtzov de Morfología y Ecología Evolutiva Animal de la Academia de Ciencias de la URSS, visitó recientemente México como invitado del Instituto de Ecología. Durante su estancia en nuestro país concedió una extensa entrevista a *Ciencia y Desarrollo* en la que abordó, entre otros, los siguientes temas: la comunicación química en los mamíferos y sus implicaciones en los estudios del comportamiento y en la ecología animal; las estructuras adaptativas en la piel de los mamíferos de habitats con condiciones particulares (zonas desérticas y marinas); el manejo de especies de la fauna silvestre de la URSS y la protección y explotación de especies vulnerables e importantes en la economía soviética.

Miembro titular de la Academia de Ciencias de la URSS, el doctor Sokolov comenta que el grupo de vertebrados que más le interesa es el de los mamíferos y, especialmente, aquellos que se ven sometidos a una tensión ambiental muy particular, como puede ser la que ejercen las zonas áridas y el habitat marino.

Con sencillez y sentido del humor, el académico soviético habla sobre

las investigaciones que se realizan en el instituto a su cargo:

"La comunicación química en los mamíferos es uno de los principales campos de investigación del Instituto; su estudio resulta novedoso y los trabajos requieren de la integración de especialistas en diferentes ramas de las ciencias biológicas. Hace seis años empezamos las investigaciones en esta área. Hasta entonces, la comunicación química en animales sólo se había estudiado en los insectos, con trabajos que trataban sobre el mecanismo, composición y función de las feromonas, y su posible empleo en el control biológico de plagas.

"Este tipo de comunicación se realiza en los mamíferos por medio de secreciones de glándulas localizadas en la piel. El mecanismo es complejo, en consecuencia, su estudio integral requiere de diversos especialistas: morfólogos para el estudio de los órganos que producen las secreciones; químicos para el análisis de los compuestos secretados, y etólogos para el de las implicaciones de éstos en el comportamiento.

"Esta clase de actividad glandular en la piel se ha reconocido en 13 especies correspondientes a cinco órdenes de mamíferos. Para las investigaciones se han utilizado principalmente

roedores, debido a que son de fácil manejo. Las glándulas responsables de estas secreciones químicas están ubicadas en diferentes lugares según las diversas especies: en los dedos éstas se encuentran en los dedos de las cuatro extremidades; en los artiodáctiles (caribú y venado) se pueden localizar en las patas traseras o en el preorbital; en los carnívoros, están situadas cerca del ano, etcétera.

"Las sustancias secretadas por las glándulas contienen 50% de elementos volátiles, por lo que pueden transportarse en el aire y ser percibidas por estructuras olfatorias de otros individuos. La composición química de cada una de estas secreciones aún no se ha descubierto completamente."

Comunicación química y comportamiento sexual

"Las secreciones para la comunicación química en mamíferos son de carácter específico, ya que permiten a los individuos de una misma especie reconocerse entre sí, y en algunos casos diferenciarse. Se ha comprobado que la rata blanca puede reconocer y 'recordar' el olor emitido por varios miembros de su grupo. Parece ser



Grupo de caribú. En éstos el sistema endócrino está relacionado con la actividad de las glándulas productoras de secreciones para la comunicación

que las secreciones de los individuos genéticamente relacionados tienen una composición química similar. Las diferencias por especie se manifiestan a nivel cualitativo, mientras que las que existen entre los individuos de una misma especie son más bien de carácter cuantitativo.

"En algunas especies las diferencias se presentan según el sexo. En el caribú, el sistema endócrino se encuentra relacionado con la actividad de las glándulas productoras de secreciones para la comunicación (*larval*). Es curioso notar que en machos castrados de esta especie la secreción se vuelve similar a la de las hembras. Recientemente se ha comprobado que más que una alteración a nivel endócrino se trata de una modificación de la secreción provocada por la actividad de ciertos microorganismos.

"La diferenciación química entre los sexos funciona como estímulo para el apareamiento durante la época reproductiva de diferentes mamíferos. Tomando esto en consideración, se ha pensado que una posible utilización de dichas secreciones ayudaría en el control del número de individuos, de la misma manera en que lo hizo el empleo de las feromonas en poblaciones de insectos. Sin embargo, no hay que olvidar que el meca-

nismo en los mamíferos es mucho más complejo, debido a que las respuestas a los estímulos externos presumen la activación de diversos sistemas de integración. En los mamíferos existen diversos grados de complejidad en la emisión de respuestas de comportamiento. Así, entre las ratas de ciudad, que por su elevada tasa de reproducción y su gran nivel de adaptación representan un problema (y a las que se podría aplicar este tipo de control), el mecanismo de reconocimiento sexual es más sofisticado que el de ciertos chimpancés, pues éstos reaccionan principalmente ante un estímulo olfatorio, como se pudo observar en un experimento en el que a uno de estos machos le llevaron una hembra de imitación impregnada con secreciones naturales, lo que bastó para que éste iniciara una respuesta sexual. En las ratas es necesario un estímulo visual representado por el comportamiento de la hembra, además de la atracción olfatoria producida por las secreciones.

"Para la posible utilización de las secreciones en el control de las poblaciones de mamíferos, se han realizado pocos estudios en lo referente a la especificidad de las mismas, que permitan conocer con precisión las diferencias en la composición química de las secreciones."

Territorialidad

"A través de la comunicación química se manifiestan otras pautas de comportamiento como la territorialidad, la cual se ha identificado en distintos grupos de animales, tanto vertebrados como invertebrados. Las señales de marca de territorios se emiten y manifiestan por medio de diversos mecanismos como el canto en los pájaros, las feromonas en los insectos, el olor de orina y heces y las secreciones por glándulas en la piel de los mamíferos. El olor impregnado en el territorio protege al animal, provocando cierta aversión o malestar en los posibles intrusos.

"En los experimentos que hemos realizado en el Instituto, encontramos que los venados utilizan las glándulas preorbitales para impregnar con sus secreciones las superficies contra las cuales frotan la frente, y a menudo lo hacen en árboles que delimitan su territorio. Esta marca protege el área causando cierta inseguridad al invasor que percibe la secreción del venado. En los carnívoros, principalmente los grupos *Mustelidae* y *Viveridae* (zorrillo, nutria, armiño, cacomixtle, mangosta) las glándulas para marcar el territorio son anales o genitales."

Comunicación en mamíferos marinos

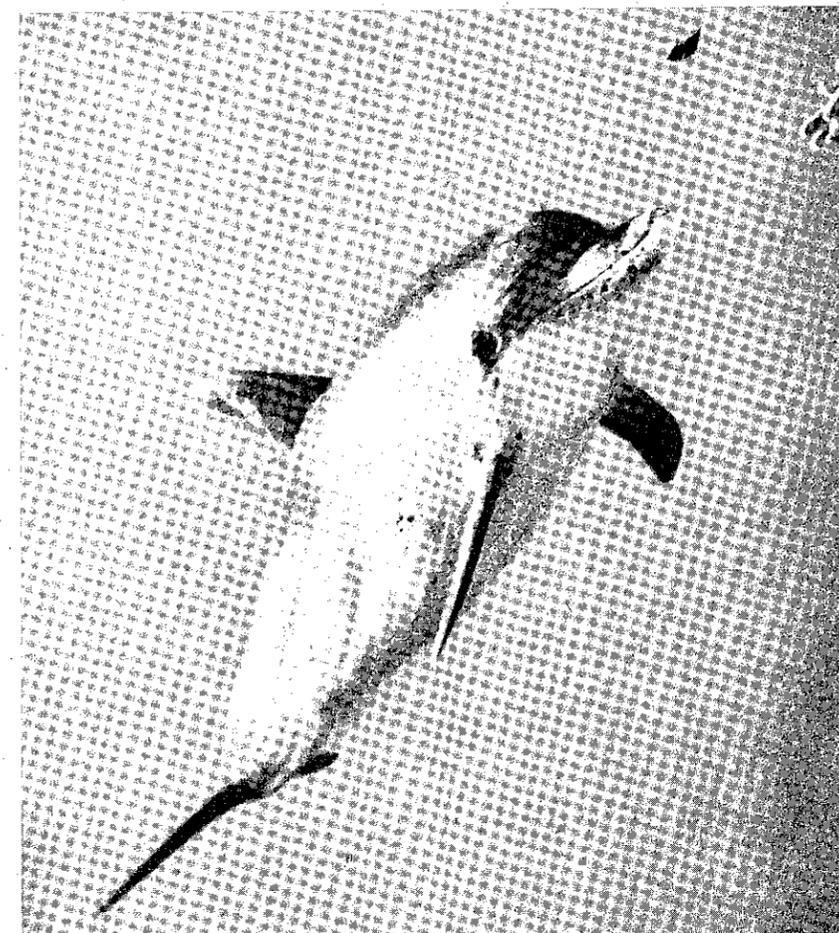
El doctor Sokolov, presidente desde 1976 del Consejo Internacional Mastozoológico, y uno de los vicepresidentes del Comité Internacional del Programa Hombre y Biosfera (MAB) de la UNESCO, nos da un panorama de las investigaciones que se han realizado sobre la comunicación química en mamíferos marinos.

"Los estudios en esta área empezaron en 1968, año en que inicia sus labores el Instituto Svertzov. En los mamíferos marinos, cetáceos y pinnípedos, las investigaciones en comunicación se han abocado al mecanismo de ecolocación. La ecolocación (utilizada también por los quirópteros) consiste en la obtención de información mediante la emisión de un sonido y el eco que éste produce. En el medio marino, los mamíferos detectan a los peces emitiendo un sonido que choca contra los cuerpos de éstos, produciéndose un eco que regresa al emisor.

"Tratamos de organizar estudios complejos, en los que participen morfólogos, que localizan estructuras en el cerebro de los delfines, y fisiólogos que, mediante electrodos colocados en el cerebro de estos animales, obtienen respuestas neurofisiológicas.

"Los delfines tienen algunas glándulas específicas en la piel, principalmente en el ojo, para protección del mismo, y otras cerca del orificio anal, pero la comunicación química se localiza principalmente en la orina. Hasta hace cuatro o cinco años se pensaba que la comunicación química en delfines no era posible, argumentando que carecían del centro en el cerebro para la recepción de mensajes olfatorios, así como de papilas gustativas. Las papilas ya han sido reconocidas, un investigador del Instituto ha verificado el reconocimiento químico de varias sustancias, aunque su mecanismo está aún por dilucidarse.

"Uno de los posibles usos de la comunicación química sería el desarrollo de una taxonomía con bases más objetivas provenientes de la composición de cada una de las secreciones de las diferentes especies. Creo que



La comunicación química en el delfín se realiza principalmente a través de la orina

dentro de pocos años esta taxonomía química será posible; por ahora, en el Instituto estamos investigando el mecanismo de reconocimiento entre individuos."

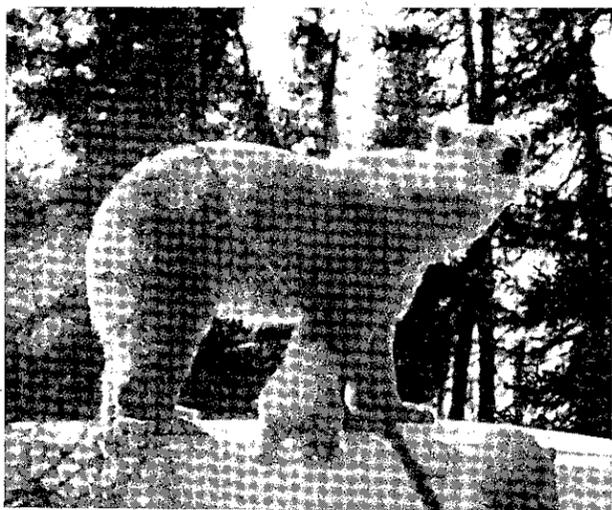
Posteriormente, el académico soviético aborda el tema de las estructuras adaptativas en la piel de los mamíferos de habitats con condiciones particulares:

"Este tema ha sido objeto de múltiples investigaciones y publicaciones en el Instituto. La mayoría de los estudios se han efectuado en animales de habitats desértico y marino, ya que por estar adaptados a condiciones ambientales muy particulares, es fácil reconocer características estructurales.

"La ballena presenta interesantes características ya que perdió pelo, glándulas de la piel y desarrolló una gruesa capa de grasa para fines de aislamientos hidrodinámicos."

Protección y explotación de mamíferos silvestres

"La idea de conservación y utilización de mamíferos silvestres surgió después de observar disminuciones en las poblaciones de especies importantes, como el castor tan preciado por la calidad de su piel y algunos ungulados salvajes. La extinción de ciertas especies fue uno de los motores en la creación de medidas de protección de la fauna silvestre. Algunos animales que fueron importantes en el desarrollo de la Unión Soviética están actualmente extintos, como la llamada 'vaca de mar'. Este fue un mamífero del Mar de Behring que los cazadores utilizaron por su carne y su piel, el cual desapareció desde finales del siglo XIX. Si esta especie hubiera sido protegida debidamente, ahora se



Oso polar, especie protegida en la Unión Soviética



Uno de los programas de protección de la fauna que más éxito ha tenido en la URSS es el del castor

"Hay otras especies cuya protección es muy estricta como el oso polar y el tigre de siberia; de éste último en 1930 se estimaba que sólo quedaban 20 o 30 ejemplares."

Para concluir pedimos al doctor Sokolov que nos hable de los esfuerzos que la Unión Soviética está realizando para proteger su fauna.

"Hasta ahora, había existido, para el manejo de la fauna silvestre de diversos países, el criterio de protección de la naturaleza manteniendo intactas las poblaciones animales que componen diferentes comunidades; esto no es posible actualmente, e inclusive resulta perjudicial para la naturaleza. Cada año, cierta parte de dichas poblaciones muere naturalmente y otra ingresa por nacimiento. Es posible extraer racionalmente alguna parte de la población en fun-
por temporada.

podría integrar a sistemas de cultivo estableciendo 'granjas marinas'.

"Actualmente en la URSS hay 103 reservas que ocupan un total de 7.7 millones de hectáreas y existen varios centros de investigación sobre flora y fauna. Entre las especies incorporadas a programas exitosos está el antilope zigar, animal cuya nariz prominente le permite extraer agua del aire y que sufrió importantes mermas durante el severo invierno de 1978. Este año, gracias a su protección en zonas de reserva, la población aumentó en un 80%.

"El castor es otra de las especies vulnerables de la fauna de la URSS. En 1925 apenas quedaban 900 individuos. En un período de 40 años hemos logrado incrementar la población hasta un número aproximado de 90 000. Esto permite la caza comercial de un promedio de 1 000 castores

de la tasa de mortalidad, permitiendo desarrollarse mejor a los animales jóvenes. Mediante un sistema de reservas naturales, parques nacionales y territorios libres, se realizan en la URSS programas de conservación y explotación de algunas especies, permitiendo en áreas protegidas el crecimiento de la población para posteriormente trasladarla a territorios libres para su explotación.

"El Instituto de Morfología y Ecología Evolutiva Animal se esfuerza por generar investigaciones en un campo en el que la ciencia ha incidido poco, pero donde el hombre ha generado diversas modificaciones. Los estudios en cuanto a comunicación entre mamíferos y a la dinámica de sus poblaciones son incipientes, pero el trabajo constante de muchos investigadores comienza a producir resultados."

Algunas obras del doctor Sokolov

1. "Skin Structure in Some Cetacea". *Bull. MOIP*, vol. 60, núm. 6, Moscú, 1955 (en ruso).
2. "Some Similarities and Dissimilarities in the Structure of the Skin of Cetacea". *Nature*, vol. 185, Londres, 1960.
3. "A New Device for the Measurement of Air Moisture in Burrows of Mammals and Bird Nests". *Bull. MOIP*, vol. 67, núm. 1, Moscú,

1962.

4. "Water Content in the Tissues of Desert Animals". *Nature*, vol. 211, núm. 5048, Londres, 1966.
5. "On Dolphin Fishery in Japan". *Nauchnye Doklady Vyshei Shkoly*, núm. 1, 1969 (en ruso).
6. "Cetacean Research in the USSR". *Investigations of Cetacea*, vol. III, 1971.
7. "Organization of Biosphere Reserves (Stations) in the USSR". *Proceedings of the Second*

US/USSR Symposium on the Comprehensive Analyses of Environment, 1975; "Specific Skin Glands of Common Voles (*Microtus*) of the USSR Fauna". *Zoologicheskij Zhurnal*, vol. 65, núm. 7, 1975 (en ruso); "Marking of Territory by Siberian Roe Males. USSR Ungulata: Ecology, Morphology, Utilization, Protection". *Nauka Publications*, 1975; "The Role of Vertebrates in Desert Biogeocenoses", en *The Role of Animals in Functioning of Ecosystems*, 1975.

La ciencia ficción: una opinión personal

POR CARL SAGAN

La mirada del ardiente poeta, en su hermoso delirio, va alternativamente de los cielos a la tierra y de la tierra a los cielos; y como la imaginación produce formas de objetos desconocidos, la pluma del poeta los metamorfosea y les asigna una morada etérea y un nombre.

William Shakespeare, *Sueño de una noche de San Juan* (acto V, escena I, traducción de Luis Astrana Marín)



Carl Sagan

Cuando tenía alrededor de diez años decidí ignorando casi totalmente lo espinoso del problema— que el universo estaba completamente lleno. Existían demasiados lugares como para que éste fuera el único planeta habitado. Y juzgando a partir de la variedad de vida que existe en la Tierra (los árboles se veían muy diferentes de la mayoría de mis amigos), me imaginaba que la vida en otros sitios tendría una apariencia muy extraña. Me esforzaba en imaginar cómo podría ser esa vida; pero, a pesar de mis esfuerzos, siempre creaba una especie de quimera terrestre, una mezcla de plantas y animales reales.

Más o menos en esta época, un amigo me inició en las novelas de Edgar Rice Burroughs sobre Marte. No había pensado mucho en Marte antes y he aquí que, frente a mí, se presentaba, en las aventuras de John Carter, un mundo extraterrestre habitado, y descrito con pasmoso realismo: antiguos fondos marinos, grandes

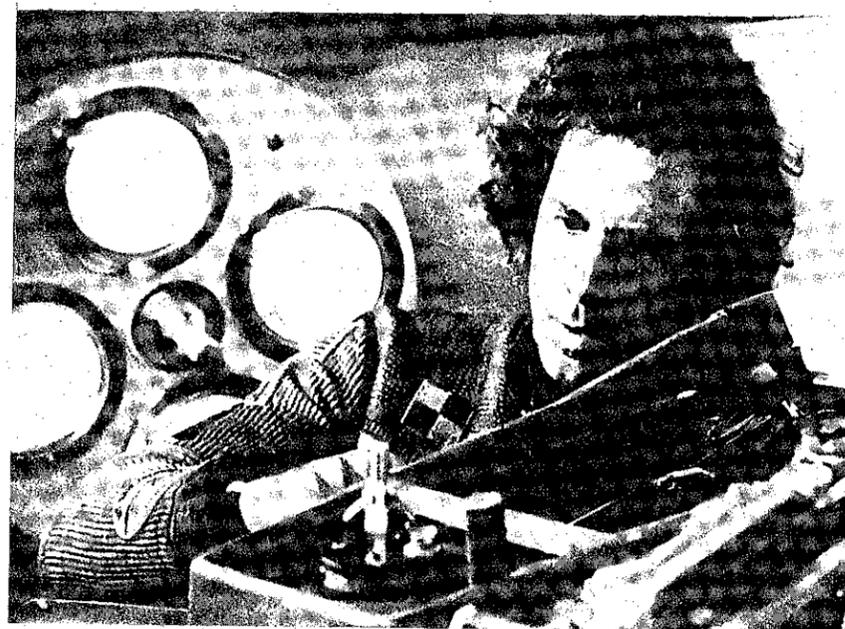
estaciones de bombeo de canales, y una enorme variedad de seres, algunos de ellos exóticos. Había, por ejemplo, bestias de carga de ocho patas que se llamaban *thoats*.

Al principio, la lectura de estas novelas resultaba regocijante. Luego, poco a poco, empezaban a surgir dudas. El argumento sorpresa de la primera novela que leí, de la cual John Carter era protagonista, dependía del hecho de que éste olvidaba que el año en Marte es más largo que en la Tierra. Pero a mí me parecía que si alguien viaja a otro planeta, una de las primeras cosas que hace es averiguar cuánto dura el día y cuánto el año. (Por cierto, no recuerdo que Carter mencionara el extraordinario hecho de que el día marciano es casi tan largo como el terrestre. Era como si esperara encontrar las características familiares de su planeta nativo en otros sitios.) Además, se hacían comentarios fortuitos que sorprendían al principio pero que, tras fría reflexión, resultaban decepcionantes. Por ejemplo, Burroughs comenta, como de paso, que en Marte existen dos colores elementales más que en la Tierra. Pasé largos minutos con los ojos

bien cerrados tratando de imaginar, con todas mis fuerzas, un nuevo color elemental. Y siempre veía un sombrero café o un color ciruela. ¿Cómo es posible que existiera otro color elemental en Marte y, mucho menos, dos? ¿Qué era un color elemental? ¿Tendría algo que ver con la física o con la fisiología? Llegué a la conclusión de que quizá Burroughs no sabía de lo que estaba hablando, pero que, eso sí, hacía reflexionar a sus lectores. Y en los numerosos capítulos en los que no había mucho en qué pensar, era grato encontrarse con perversos enemigos y con el arte vehemente de los espadachines, lo cual era más que suficiente para mantener el interés de un niño ciudadano de diez años durante un verano de Brooklyn.

Un año después, por pura casualidad, encontré en la dulcería de mi barrio una revista llamada *Astounding Science Fiction*. Un vistazo a la portada y una rápida ojeada me bastaron para saber que esto era lo que había estado buscando. Con un poco de trabajo logré reunir el dinero para comprarla, la abrí al azar, me senté en un banca a menos de medio metro de distancia de la dulcería y leí mi

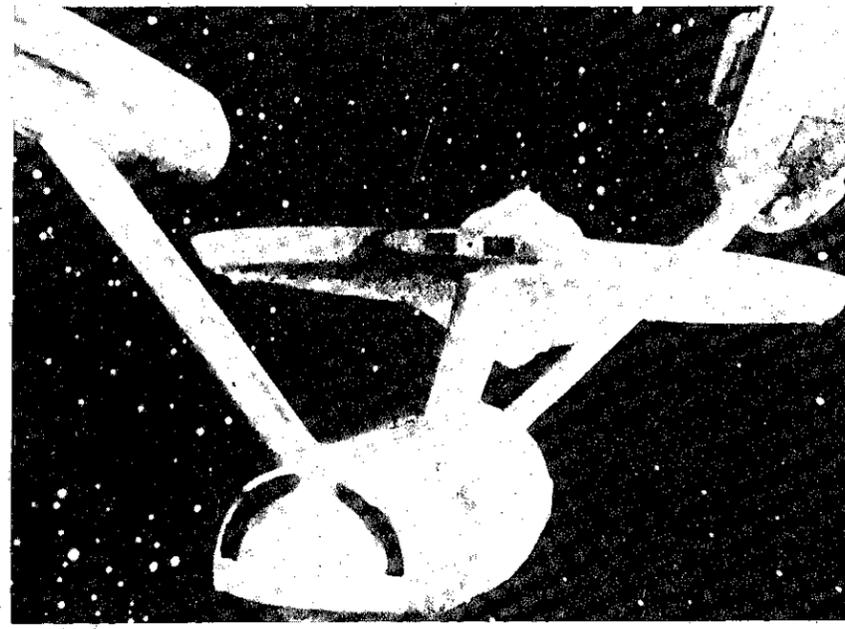
Tomado con autorización de *Broca's Brain. Reflections on the Romance of Science*, Random House, Inc., Nueva York, 1979.



Escena de la película *Naves misteriosas* (*Silent Running*, título original de esta cinta)



Mister Spock, personaje de la serie de televisión *Viaje a las estrellas* (*Star Trek*)



La nave *Enterprise* tal y como aparece en la serie *Viaje a las estrellas*



Julio Verne

primera novela corta de ciencia ficción: *Pete Can Fix It*, de Raymond F. Jones, una apacible historia de un viaje en el tiempo que tiene lugar después del holocausto de una guerra nuclear. Conocía la bomba atómica —recuerdo a un amigo mío que, muy entusiasmado, me explicaba que estaba formada por átomos— pero esto era lo primero que leía sobre las implicaciones sociales que había traído consigo la creación de las armas atómicas. Hacía pensar. Empero, el pequeño dispositivo que Pete, el mecánico del taller, colocaba en los automóviles para que los transeúntes pudieran realizar breves viajes preventivos a los yermos del futuro, ¿en qué consistía?, ¿cómo estaba construido?, ¿cómo era posible penetrar en el futuro y luego volver? Si Raymond F. Jones lo sabía, no lo decía.

Me di cuenta de que me había encicado. Cada mes, esperaba con impaciencia la llegada de *Astounding*. Leí a Julio Verne y a H. G. Wells; me leí de cabo a rabo las dos primeras antologías de ciencia ficción que pude encontrar; hice tarjetas, parecidas a las que me gustaba hacer para el beisbol, en las que llevaba la cuenta de la calidad de las historias que leía. Muchas de ellas recibían una alta calificación porque planteaban preguntas interesantes y otra baja debido a las respuestas.

Aún conservo dentro de mí algo de aquel niño de diez años. Pero, por lo general, soy más viejo. Mis facultades críticas y, tal vez, incluso mis gustos literarios han mejorado. Cuando releí *The End Is Not Yet*, de L. Ron Hubbard, que había leído por primera vez cuando tenía catorce años, me sorprendió mucho encontrarla más mala de lo que yo la recordaba, e incluso llegué a pensar seriamente que existían dos novelas con el mismo título y escritas por el mismo autor, pero de calidad sumamente diferente. Ya no puedo ser tan crédulo como solía serlo. En el libro *Neutron Star*, de Larry Niven, el argumento gira en torno de las sorprendentes fuerzas periódicas que ejercen un fuerte campo gravitacional. Empero, se nos pide que creamos que dentro de cientos o de miles de años, en una época de vuelos intersidiales casuales, nadie recordará esas fuerzas periódicas. Se nos pide que creamos que la primera exploración practicada en una estrella neutrónica se hizo por medio de una nave espacial tripulada y no por una nave sin tripulación. Es demasiado pedir. En una novela de ideas, las ideas tienen que funcionar.

Hace muchos años, también sentí la misma inquietud cuando leí la descripción que hacía Verne de la ingratitud como un fenómeno que, en un

viaje lunar, sólo ocurría en un punto del espacio en el que la atracción de la gravedad de la Tierra y la de la Luna se invalidaban; y con el invento de Wells, el mineral antigraavedad, el "cavorito". ¿Por qué habría de existir todavía en la Tierra un venero de "cavorito"? ¿No debería haberse lanzado por sí mismo al espacio hace mucho tiempo? En la, técnicamente hablando, hábil película de ciencia ficción *Silent Running*, de Douglas Trumbull, los árboles de los inmensos y cerrados sistemas ecológicos del espacio se están muriendo. Tras varias semanas de penoso estudio y de angustiosas investigaciones en los libros de botánica se encuentra la solución: resulta que las plantas necesitan la luz del sol. Los personajes de Trumbull son capaces de construir ciudades interplanetarias, pero han olvidado la ley del cuadrado a la inversa. Estaba dispuesto a pasar por alto lo de la representación de los anillos de Saturno como gases de colores pastel, pero esto no.

Me pasa algo semejante con *Viaje a las estrellas* (*Star Trek*), la cual sé que tiene muchos seguidores y que, según mis considerados amigos, debería interpretarse alegóricamente y no literalmente. Pero sucede que cuando los astronautas de la Tierra se establecen en algún lejano planeta y encuentran a los seres humanos que lo habitan inmersos en

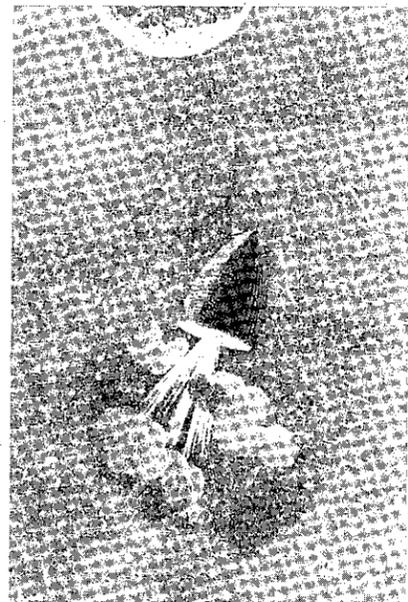
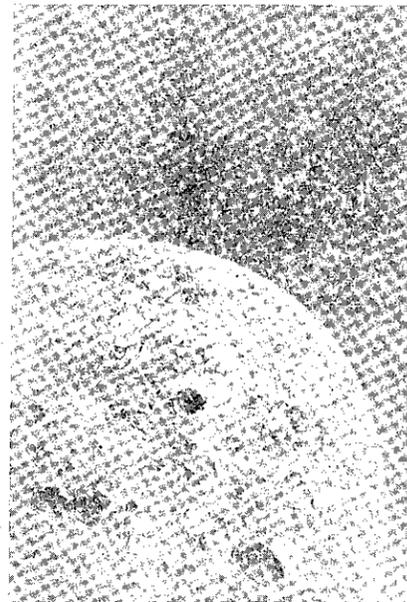
un conflicto entre dos superpotencias nucleares —que se autodenominan Yanks y Coms o sus equivalentes fonéticos— todo intento de no ceder a la incredulidad se desmorona. En una sociedad terrestre global, a siglos y siglos de distancia en el futuro, los oficiales de la nave resultan demasiado angloamericanos. Sólo dos o doce o quince naves intersidiales tienen nombres que no son ingleses, *Kongo* y *Potemkin*. (¿*Potemkin* y no *Aurora*?) Y la idea de una feliz mezcla entre un "volcano" y un ser terrestre simplemente desconoce lo que sabemos de biología molecular. (Como ya he observado en otra parte, una mezcla de esa naturaleza tiene tantas probabilidades de éxito como las que tiene un feliz apareamiento entre un hombre y una pétunia.) Según Harlan Ellison, incluso las sobrias novedades biológicas del señor Spock, las orejas puntiagudas y las cejas permanentemente querulosas, las consideraron demasiado atrevidas los ejecutivos de una cadena de radio y televisión. Semejantes diferencias entre vulcanos y hombres sólo lograrían confundir al auditorio, pensaron, y se procedió a borrar todos los rasgos fisiológicamente distintivos de los vulcanos. Otro tanto me sucede con las películas en las que unas criaturas familiares, algo cambiadas —arañas de un metro de alto— amenazan a las

ciudades de la Tierra: como los insectos y los arácnidos respiran por difusión, semejantes merodeadores se asfixiarían antes de poder atacar la primera ciudad.

Me parece que dentro de mí existe la misma sed de saber que cuando tenía diez años. Pero desde entonces he aprendido un poco acerca de cómo está confeccionado el mundo. Me doy cuenta de que la ciencia ficción me ha conducido a la ciencia. Creo que la ciencia es más sutil, más intrincada y más imponente que la mayor parte de la ciencia ficción. Piénsese en algunos de los descubrimientos científicos de las últimas décadas: que Marte está cubierto de antiguos ríos secos; que los simios pueden aprender lenguas de muchos cientos de palabras, entender conceptos abstractos y crear nuevos usos gramaticales; que hay partículas que sin esfuerzo alguno atraviesan toda la Tierra, de manera que las vemos tanto subiendo por nuestros pies como bajando del cielo; que en la constelación del Cisne existe una estrella doble entre cuyos componentes hay uno en el que la aceleración gravitacional es tan elevada que la luz no puede evadirla: puede estar flameante por dentro, debido a la radiación, y ser invisible desde el exterior. Ante esto, en comparación, me parece que muchas de las ideas comunes de la cien-

cia ficción empalidecen. En la relativa ausencia de estos hechos y en las distorsiones del pensamiento científico que a menudo encontramos en la ciencia ficción, veo un terrible desperdicio de oportunidades. La verdadera ciencia se presta a un ficción tan incitante y absorbente como la falsa ciencia, y creo que en una civilización que se basa en la ciencia, y que al mismo tiempo no hace casi nada para asegurarse de que la ciencia sea comprendida, es importante aprovechar todas las oportunidades que se presenten para transmitir las ideas científicas.

No obstante, lo mejor de la ciencia ficción sigue siendo, desde luego, muy bueno. Algunas historias están tan nítidamente construidas, describen los detalles de una sociedad desconocida con tanta abundancia, que me arrastran mucho antes de que pueda oponerles un juicio crítico. Entre estas historias están *Puerta al verano* de Robert Heinlein, *Las estrellas, mi destino* y *El hombre demolido* de Alfred Bester, *Time and Again* de Jack Finney, *Dune* de Frank Herbert y *Cantos a San Leibowitz* de Walter M. Miller. En estos libros es posible reflexionar sobre las ideas. Los apartes de Heinlein acerca de la viabilidad y la utilidad social de los robots caseros han aguantado muy bien el paso del tiempo. Las ideas que sobre la ecología te-



La luna y un cohete espacial como los concebían los ilustradores de las novelas de Julio Verne

restre proporcionaron hipótesis ecológicas extraterrestres como, por ejemplo, la de *Dune*, prestan, creo yo, un importante servicio social. *He Who Shrank*, de Harry Hasse, presenta una fascinante especulación cosmológica que, hoy en día, se está reviviendo con toda seriedad; la idea de una infinita retrogradación de los universos en la que cada una de nuestras partículas elementales es un universo a un nivel más bajo y en la que nosotros somos una partícula elemental en el universo superior siguiente.

Son escasas las novelas de ciencia ficción que combinan extraordinariamente bien una profunda sensibilidad humana con un tema común de ciencia ficción. Pienso, por ejemplo, en *Rogue Moon* de Algis Budrys y en muchas de las obras de Ray Bradbury y Theodore Sturgeon. *To Here and the Easel*, de este último autor, es un sorprendente retrato de la esquizofrenia vista desde dentro y, al mismo tiempo, una estimulante introducción al *Orlando Furioso* de Ariosto.

Hubo una vez una sutil historia de ciencia ficción, escrita por el astrónomo Robert S. Richardson, sobre el origen de la creación continua de los rayos cósmicos. La historia de Isaac Asimov *Breathes There a Man* refleja conmovedoramente la tensión emocional y la sensación de aislamiento que experimentan algunos de los me-

jores científicos teóricos. *The Nine Billion Names of God* de Arthur C. Clarke inició a muchos lectores occidentales en una intrigante especulación sobre las religiones orientales.

Una de las grandes ventajas de la ciencia ficción es que puede transmitir pequeñas porciones, sugerencias, frases, de un conocimiento desconocido o inaccesible para el lector. *And He Built a Crooked House* de Heinlein constituyó para muchos lectores probablemente la primera introducción, a su alcance, de la geometría cuatridimensional que podía ser comprensible. Una obra de ciencia ficción, de hecho, presenta las matemáticas del último intento de Einstein por lograr una teoría del campo unificado. Otra presenta una importante ecuación de genética de la población. Los robots de Asimov eran "positrónicos" porque el positrón acababa de ser descubierto. Asimov nunca dio explicaciones sobre cómo los positrones mueven a los robots, pero sus lectores ya habían oído hablar de los positrones.

Los robots rodomagnéticos de Jack Williamson eran impulsados por el rutenio, el rodio y el paladio, el Grupo VIII de metales, que vienen después del hierro, el níquel y el cobalto en la tabla periódica. Se sugirió otro robot análogo, pero que se moviera por ferromagnetismo. Supongo que en nuestros días existirán robots de

ciencia ficción que sean quark-inos o fascinantes y que proporcionarán una breve entrada verbal a la excitante física contemporánea de las partículas elementales. El libro de L. Sprague de Camp, *Que no caigan las nieblas*, es una excelente introducción a la Roma de los tiempos de las invasiones de los godos, y la serie escrita por Asimov, *Foundation*, aunque no se explica esto en los libros, ofrece un sumario muy útil sobre el mecanismo de la expansión imperial del Imperio Romano. Las historias de viajes en el tiempo como, por ejemplo, las tres notables obras que resultaron de los esfuerzos realizados por Heinlein, *All You Zombies*, *By his Bootstraps* y *The Door into Summer* (traducida con el título de *Puerta al verano*), fuerzan al lector a meditar sobre la naturaleza de la causalidad y sobre la flecha del tiempo. Son libros que hacen pensar, mientras se está saliendo el agua de la bañera o al caminar por un bosque con las primeras nevadas del invierno.

Otro gran valor que tiene la ciencia ficción moderna son algunas de las formas de arte que produce. Una cosa es la imagen velada que se forma en la mente sobre el aspecto que puede tener la superficie de otro planeta, y otra muy distinta examinar una pintura meticulosa de una escena similar pintada por Charles Bonestell en su apogeo. El sentimiento de asombro astronómico logran plasmarlo de manera espléndida los mejores de dichos artistas contemporáneos: Don Davis, Jon Lomberg, Rick Sternbach, Robert McCall. Y en los versos de Diane Ackerman puede vislumbrarse la perspectiva de una madura poesía astronómica, totalmente familiarizada con los temas corrientes de la ciencia ficción.

Las ideas de la ciencia ficción se difunden ampliamente en la actualidad bajo formas un tanto diferentes. Tenemos escritores de ciencia ficción, como Isaac Asimov y Arthur C. Clarke, que proporcionan convincentes y brillantes sumarios de muchos aspectos de la ciencia y la sociedad escritos en forma no novelesca. La ciencia ficción da a conocer al gran público a algunos de los científicos contemporáneos. Por ejemplo, en la reflexiva novela *The Listeners*, de James Gunn, encontramos el siguiente comentario

que dentro de cincuenta años harán de mi colega el astrónomo Frank Drake: "¡Drake! ¿Qué sabía Drake?" Pues, muchísimo. Hallamos también ciencia ficción pura, disfrazada de hecho real, en una vasta proliferación de escritos pseudocientíficos, en sistemas y organizaciones de creencias.

Un escritor de ciencia ficción, L. Ron Hubbard, ha fundado un culto de mucho éxito llamado "Cientología" el que, según dicen algunos, inventó de la noche a la mañana al calor de una apuesta en el sentido de que él podía tener tanto éxito como Freud, inventar una religión y ganar dinero con ello. Las ideas clásicas de la ciencia ficción se hallan institucionalizadas actualmente en los objetos voladores no identificados y en antiguos sistemas de creencias sobre astronautas; aun cuando me cuesta trabajo no llegar a la conclusión de que Stanley Weinbaum (en *The Valley of Dreams*) lo hizo mejor y, además, con anterioridad, que Erich von Däniken. R. De Witt Miller, en *Within the Pyramid*, logra anticiparse tanto a von Däniken como a Velikovsky y proporcionar, además, una hipótesis más coherente sobre el supuesto origen extraterrestre de las pirámides, que todo lo que se puede encontrar en los escritos sobre antiguos astronautas y en la piramidología. En *Wine of the Dreamers*, de John D. MacDonald (autor de ciencia ficción que se ha transformado en uno de los escritores contemporáneos más interesantes de literatura detectivesca), encontramos esta frase: "...y existen vestigios en la mitología de la Tierra... de grandes naves y carros que surcaban el cielo." La historia *Farewell to the Master*, de Henry Bates, fue llevada a la pantalla como *El día que se paralizó la Tierra* (cinta que dejaba a un lado el elemento esencial del argumento, esto es, que quien estaba al frente de la nave extraterrestre era un robot y no un ser humano). Algunos investigadores serios opinan que la película, con su descripción del platillo volador zumbando sobre Washington, tuvo algo que ver con el "sonado suceso" del OVNI, ocurrido en 1952 en Washington, D. C., poco después del estreno de la cinta. Resulta virtualmente imposible distinguir muchas de las novelas populares



Escenas de la película *El día que se paralizó la Tierra* (*The Day the Earth Stood Still*, título original de esta cinta)

actuales del tipo de espionaje, con sus caracterizaciones superficiales y las artimañas de sus argumentos, de la ciencia ficción sensacionalista de los años treinta y cuarenta.

El entrelazamiento de la ciencia con la ciencia ficción a veces produce curiosos resultados. No siempre está claro si la vida imita al arte o viceversa. Por ejemplo Kurt Vonnegut Jr. ha escrito una soberbia novela epistemológica, *Las sirenas de Titán*, en la que se postula un medio ambiente no del todo inclemente para la luna más grande de Saturno. Cuando en los últimos años algunos astrónomos, incluyéndome a mí, aportaron pruebas de la existencia en Titán de una atmósfera densa y de la posibilidad de que las temperaturas fueran más elevadas de lo que se esperaba, mucha gente me hizo comentarios sobre la presciencia de Kurt Vonnegut. Pero Vonnegut estudió física como materia principal en la Universidad de Cornell y, naturalmente, conocía los últimos descubrimientos en astronomía. (Muchos de los mejores escritores de ciencia ficción tienen antecedentes científicos o de ingeniería, por ejemplo: Poul Anderson, Isaac Asimov, Arthur C. Clarke, Hal Clement y Robert Heinlein.) En 1944 se descubrió en Titán una atmósfera de metano, el primer satélite del sistema solar del que se supo que tenía at-

mósfera. En este caso, como en muchos otros, el arte imita a la vida.

Lo malo es que nuestra comprensión de los demás planetas ha ido cambiando con mayor rapidez que las representaciones que la ciencia ficción hace de ellos. Una zona crepuscular benigna en un Mercurio que gira sincrónicamente, un Venus de pantanos y selvas y un Marte infestado de canales, mientras que los clásicos recursos de la ciencia ficción, se basan, todos ellos, en las falsas interpretaciones que hicieran, con anterioridad, los astrónomos. Las ideas erróneas se transcribían fielmente en las historias de ciencia ficción, las cuales, a continuación, eran leídas por muchos de los jóvenes que llegarían a constituir la siguiente generación de astrónomos, con lo cual, al mismo tiempo que se captaba el interés de los jóvenes, se tornaba cada vez más difícil corregir los errores de los más viejos. Pero, a medida que ha cambiado nuestro conocimiento de los planetas, también lo han hecho los ambientes de las correspondientes historias de ciencia ficción. Es muy raro encontrar en la actualidad una historia de ciencia ficción en la que haya granjas de algas en la superficie de Venus. (Por cierto que los creadores de mitos sobre la presencia de los OVNI son más lentos para el cambio, y aún encontramos relatos



H.G. Wells

de platillos voladores provenientes de un Venus habitado por bellos seres humanos vestidos con largas túnicas blancas y viviendo en una especie de jardín citereo del Edén. Las temperaturas de 900° F que tiene Venus nos permiten contrarrestar estas historias.) De la misma manera, la idea de la "curvatura espacial" constituye uno de los venerables elementos seguros de la ciencia ficción; sin embargo, no surgió de la ciencia ficción sino de la Teoría General de la Relatividad de Einstein.

La relación existente entre las descripciones que hace la ciencia ficción sobre Marte y la exploración que se practicó en este planeta es tan estrecha que, después de la misión del Mariner 9 a Marte, pudimos poner algunos nombres de personalidades ya desaparecidas de la ciencia ficción a los cráteres. Así, en Marte hay cráteres con los nombres de H. G. Wells, Edgar Rice Burroughs, Stanley Weinbaum y John W. Campbell Jr. Estos nombres fueron aprobados oficialmente por la Unión Astronómica Mundial. No cabe duda de que otras personalidades de la ciencia ficción engrosarán la lista poco después de su muerte.

El gran interés que sienten los jóvenes por la ciencia ficción se refleja en las películas, los programas de televisión, los libros de historietas y en la demanda de cursos sobre ciencia ficción impartidos en las escuelas secundarias y en los colegios superiores. Por experiencia, sé que estos cursos pueden ser buenas prácticas educativas o bien un desastre, según se im-

partan. Los cursos en los que las lecturas las escogen los alumnos no permiten a los estudiantes leer más de lo que ya han leído. Aquellos cursos que no intentan ampliar la línea argumental de la ciencia ficción para abarcar la ciencia apropiada desperdician una gran oportunidad educativa. Pero si dichos cursos se planean adecuadamente, y en ellos se incluyen la ciencia o la política como elementos constitutivos, creo que tendrían una vida larga y útil en los planes de estudio de las escuelas.

Tal vez el significado más importante que puede tener para el hombre la ciencia ficción sea el ver en ella los experimentos sobre el futuro, las exploraciones de los posibles destinos, los intentos de reducir al mínimo la conmoción futura. En parte, es por esto que la ciencia ficción atrae tanto a los jóvenes: son ellos los que vivirán en el futuro. Creo firmemente que ninguna sociedad terrestre actual se adapta bien a la Tierra que existirá dentro de cien o doscientos años (si es que sabemos o tenemos la suerte de sobrevivir tanto tiempo). Necesitamos desesperadamente que se exploren otros posibles futuros, tanto experimental como conceptualmente. Las novelas de Eric Frank Russell tendían, en gran parte, a este fin. En ella podíamos ver otros sistemas económicos concebibles o bien la gran eficacia de una resistencia pasiva unificada a un poder de ocupación. En la ciencia ficción moderna también pueden encontrarse útiles sugerencias de cómo realizar una re-

volución en una sociedad tecnológica computarizada como, por ejemplo, en *The Moon Is a Harsh Mistress* de Heinlein.

Estas ideas, si se encuentran uno con ellas cuando se es joven, pueden influir en el comportamiento adulto. Muchos científicos, profundamente comprometidos con la exploración del sistema solar (entre los que me incluyo), siguieron este derrotero por influencia de la ciencia ficción. Y el hecho de que parte de esa ciencia ficción no fuera de la mejor calidad no tiene importancia. Los niños de diez años no leen literatura científica.

No sé si los viajes en el tiempo hacia el pasado sean posibles. Los problemas causales que ello supondría me hacen ser muy escéptico. Pero ya hay quien está pensando en ello. Lo que se conoce como líneas cerradas de simulación del tiempo —rutas en el espacio y el tiempo que permiten hacer viajes ilimitados en este último— aparecen en algunas de las soluciones a las ecuaciones del campo de la relatividad generalizada. Una reciente pretensión, tal vez equivocada, es que las líneas cerradas de simulación del tiempo aparecen en las inmediaciones de un cilindro que gira rápidamente. Me gustaría saber en qué medida la ciencia ficción ha influido a los relativistas generales que trabajan en estos problemas. Asimismo, los encuentros de la ciencia ficción con los rasgos posibles de la cultura pueden desempeñar un importante papel en la realización de un cambio social fundamental.

En toda la historia del mundo, nunca antes había habido tantos cambios importantes. La adaptación al cambio, la reflexiva búsqueda de futuros posibles son puntos clave para la supervivencia de la civilización y, tal vez, para la de la especie humana. Nuestra generación es la primera que se ha criado con las ideas de la ciencia ficción. Conozco muchos jóvenes que, desde luego, se interesarían pero no se sorprenderían, de ninguna manera, si recibiríamos un mensaje de una civilización extraterrestre. Ya se han adaptado al futuro. Creo que no es exagerado afirmar que, si sobrevivimos, la ciencia ficción habrá hecho una vital aportación a la continuación y evolución de nuestra civilización.

W. Arthur Lewis

El atraso económico desde dentro

POR EDMUNDO FLORES



W. Arthur Lewis

Forjar una armadura exigía el trabajo de un maestro artesano todo un año. La armadura exigía, a su vez, que los caballeros dispusieran de los medios para pagar por caballos y escuderos. Esto resultaba tan caro que para costearlo fue necesario cambiar el sistema tradicional de tenencia de tierras por un sistema distinto que transformó toda la estructura social. Lynn White, Medieval Technology and Social Change

Hace años, el Banco de México tenía la buena costumbre, ahora perdida, de invitar a los economistas más prominentes y renombrados del mundo a que vinieran a México a dar conferencias, a contarnos qué asuntos les preocupaban y a conversar informalmente con los economistas locales. Las conferencias y la discusión se llevan a cabo en el idioma del conferenciante, generalmente el inglés, sin recurrir a las tediosas traducciones que prolongan y matan este tipo de reunión. Vinieron así Joan Robinson, Nicky Kaldor, Paul Baran, Joseph Schumpeter, Raúl Prebisch, Lloyd Rodwin, Gottfried Haberler, W. Arthur Lewis y otros más.

Los escuchaban la mayoría de los economistas entonces todavía jóvenes que habían forjado sus armas fuera del país: Juan Noyola, Víctor

L. Urquidí, Raúl Salinas, Javier Márquez, Ernesto Fernández Hurtado, Manuel Bravo, Fernando Zamora, Octaviano Campos Salas, Alfredo e Ifigenia Navarrete, Gustavo Romero Kolbeck, Horacio Flores de la Peña, y algunos de los viejos maestros: don Gonzalo Roblés, el ingeniero Emilio Alanís Patiño, don Manuel Sánchez Sarto, don Daniel Cosío Villegas y otros.

El método que se establecería en estas reuniones cristalizó pronto. Primero el invitado en turno daba una o varias conferencias; después llegábamos al clímax: las preguntas y respuestas. Al principio las preguntas eran siempre caballerosas y llenas de espíritu deportivo; pero más tarde alguien, invariablemente, ponía a la defensiva a la celebridad visitante. Se le interrogaba entonces sobre asuntos nacionales o problemas específicos de los que se esperaba no estuviera enterado. Acorralar a nuestros distinguidos visitantes era fuente de inmensa satisfacción. Tarde o tempra-

no, la víctima cedía, se excusaba por haber estado poco tiempo en el país, admitía no estar enterado del problema, etcétera. Así, los genios locales metíamos el gol del honor y el prestigio de los economistas mexicanos era salvado una vez más.

Creo que en 1955 llegó Arthur Lewis. Nos dio un par de conferencias en extremo brillantes. No recurrió a notas e hizo gala de su capacidad de persuasión, erudición y buen humor a través de un fluido, cortante, y refinado acento inglés. Por supuesto, quedamos muy impresionados pero, claro, esto no lo iba a librar de la venganza de Moctezuma consistente en torturar como se pudiera al "fuereño". El pequeño rito sádico del gol de honor comenzó, pero entonces ocurrió algo imprevisto; Lewis no se inmutó. Por el contrario, se mostró capaz no sólo de defenderse sino de atacar en medio de esa esgrima montonera en la que muchos cargábamos contra él solo. Respondió o evadió ágilmente las preguntas capciosas y, a

Tomado de *Dentro y fuera del desarrollo*, Fondo de Cultura Económica, México, 1976.



Karl W. Deutsch

su vez, hizo preguntas deliberadamente molestas sobre la "mordida", la corrupción administrativa y la censura. Cuando la discusión se llevó a problemas específicos de México, respondió tocando no sólo el caso del país sino generalizándolo a los de otros. En fin, nos fue imposible clavarle el gol del honor.

El misterio queda aclarado cuando uno se entera de que Sir W. Arthur Lewis es, como los mexicanos que lo asediábamos, oriundo del subdesarrollo. Nació en Jamaica, es negro y en la economía del desarrollo se alinea entre los grandes. Cuenta Karl W. Deutsch que, cierta vez, cuando era asesor del gobierno de Ghana, Lewis propuso que "el pueblo de Ghana debería erigir un gran monumento en agradecimiento al mosquito anófeles, pues éste difunde la malaria, y la malaria ahuyenta a los blancos."¹ Como la mayoría de los mexicanos que formábamos su auditorio, conoce por experiencia propia, desde dentro, los problemas y las mañas del subdesarrollo, y a esto añade una enorme experiencia en otro mundo, que no es fácil descifrar: el mundo del desarrollo.

Lewis nació en Santa Lucía, Indias Occidentales Británicas, en 1915. El número de títulos académicos y profesionales *honoris causa* que le han sido conferidos llega a quince. Ha sido asesor en Ghana, en el Reino

¹ *El nacionalismo y sus alternativas*, Editorial Paidós, Buenos Aires, Argentina, 1971, p. 79.

Unido y en el Fondo Especial de las Naciones Unidas. Fue Director del Banco Central de Jamaica, alto funcionario de las Naciones Unidas y, en 1963, la Reina de Inglaterra le otorgó el título de Caballero. Ha sido profesor de las Universidades de Londres, Manchester y Jamaica. En 1963 fue nombrado profesor de economía y de asuntos internacionales en la Universidad de Princeton, Estados Unidos, donde tuvo la oportunidad de tratarlo. Desde 1970 es presidente del Banco de Desarrollo del Caribe con sede en Barbados, Indias Occidentales.

La oferta ilimitada de mano de obra

El *curriculum vitae* de W. Arthur Lewis dice que es autor de alrededor de 40 artículos. De éstos, uno merece atención especial. En mayo de 1954, la revista *The Manchester School of Economic and Social Studies*, publicó su ahora clásico ensayo "El desarrollo económico con oferta ilimitada de mano de obra".² Si no hubiera escrito nada más, este artículo lo habría hecho famoso. Lo comenzó advirtiendo:

Este ensayo está escrito conforme a la tradición clásica, haciendo el supuesto clásico, y formulando la pregunta clásica. Los clásicos, desde Smith hasta Marx, defendían o impugnaban el supuesto de que a los niveles de subsistencia se disponía de una oferta ilimitada de mano de obra. Inquiriendo en qué forma se incrementa la producción con el transcurso del tiempo, hallaron la respuesta en la acumulación de capital, explicándola en los términos de su análisis de la distribución del ingreso. De tal suerte, los sistemas clásicos determinaron en forma simultánea la distribución y el incremento del ingreso, estableciendo, como un subproducto de menor importancia, los precios relativos de los artículos.³

Más adelante, Lewis arguye que en muchos países subdesarrollados,

² Vol. XXII, núm. 2, mayo de 1954. Reproducido en *Desarrollo agrícola*, selección de Edmundo Flores, Fondo de Cultura Económica, México, 1972.

³ *Op. cit.*, p. 218.

especialmente en Asia, el Medio Oriente y en América Latina, existe un gran contingente de mano de obra desocupada que podría ser utilizada productivamente sin merma de otros recursos que ya están en uso. Esa mano de obra no puede emplearse en las fábricas, porque no las hay ociosas, o en la agricultura porque casi no hay tierras cultivables ociosas. Pero podría utilizarse para construir casas con materiales que abundan en la localidad y en muchas otras actividades que no requieren maquinaria y emplean materiales que produce la región. Tales trabajos pueden aumentar la capacidad productiva del país. La dificultad principal estriba en que cuando se paga a los trabajadores en efectivo éstos gastan la mayor parte de su jornal en bienes de consumo y hacen que los precios de tales bienes tiendan a subir. Esto se debe a que los trabajadores empleados en esos proyectos producen bienes de capital que fructificarán a largo plazo pero demandan inmediatamente bienes de consumo.

En una economía atrasada el uso pleno de la mano de obra disponible tiende a generar una grave escasez de alimentos, puesto que la disponibilidad de éstos no puede aumentar de un día para otro, en tanto que las carreteras, viaductos, canales de riego y construcciones pueden crearse mediante el trabajo humano, sin apenas requerir capital en forma apreciable —testigo de ello las pirámides, o los maravillosos túneles ferroviarios construidos a mediados del siglo XIX, casi literalmente con las manos. Incluso en los modernos países industriales, la actividad de la edificación, que absorbe mano de obra en mayor medida que otras actividades, representa hasta el 50 ó 60% de la inversión bruta fija y, por consiguiente, no es difícil imaginar que el trabajo, por sí solo, pueda crear capital sin utilizar otra cosa que herramientas muy sencillas.

En el modelo clásico, un aumento de la tasa de formación de capital requiere la reducción del consumo. En el modelo keynesiano, que se inspiró en un contexto de desocupación industrial, el consumo y la inversión pueden aumentar al mismo tiempo. En el caso real que propone Lewis y que, dicho sea de paso, ejemplifica la

economía mexicana en la actualidad, es posible aumentar la formación de capital sin disminuir el nivel del consumo total.

Esta última variante es posible gracias a que la desocupación encierra un ahorro potencial oculto. En realidad los campesinos improductivos son sostenidos por quienes están ocupados y producen más de lo que consumen ya sea en la agricultura o en la industria y los servicios. Si los trabajadores productivos pusieran a sus parientes desocupados (primos, hermanos y arrimados) que de todos modos mantienen, a construir obras de capital y continuaran alimentándolos, su ahorro virtual se convertiría en ahorro real. El consumo no productivo de la población excedente pasaría a ser consumo productivo.

Si los trabajadores ocupados en proyectos de inversión (los ex desocupados) consumen más que antes porque trabajan más activamente, puede surgir un déficit de alimentos. Sin embargo, si se dispone de un sector agrícola con un alto potencial productivo como es el caso de México, no hay nada que temer. Por el contrario, ésta es la solución ideal para disponer de los excedentes de productos alimenticios.

La economía dual

Una parte importante de las ideas acerca del papel que desempeña la agricultura en el desarrollo proviene del instrumental teórico de los modelos de la "economía dual", de los que Arthur Lewis es el exponente más formidable. Lewis advierte cuidadosamente que él habla en realidad del "sector capitalista" y "no capitalista" y no de "industria" y "agricultura". Cree que en límites generales estos términos podrían corresponder a la situación en algunos países en desarrollo, pero admite que muchos productores agrícolas pueden también ser capitalistas. Siguiendo a Malthus y Ricardo, deja lugar en su esquema para un grupo de terratenientes que no producen ni invierten sino que solamente consumen.

Lewis se cura en salud advirtiendo que "analizar no es recetar", pero, a pesar de todo, en su discusión siguiente observa que, "en la práctica

la incapacidad de las agriculturas campesinas para aumentar su productividad ha sido probablemente la razón principal que ha frenado la expansión del sector industrial en la mayor parte de los países subdesarrollados del mundo".⁴ Pero en otra parte plantea, con la misma lucidez y corrección, la tesis opuesta:

El hecho de que el nivel de salarios en el sector capitalista dependa de los rendimientos en el sector de subsistencia es, a veces, de una inmensa importancia política, puesto que su efecto es que los capitalistas tengan un interés directo en mantener baja la productividad de los obreros del sector de subsistencia. De este modo, los propietarios de plantaciones no se interesan porque el conocimiento de nuevas técnicas o de semillas mejoradas sea dado a conocer a los agricultores, y si pueden influir en el Gobierno no usarán esa influencia para expandir las facilidades conducentes a una mayor extensión de la tecnología agrícola. No apoyarán tampoco propuestas relativas a la colonización rural, y con frecuencia más bien se les verá incorporados a movimientos cuyo propósito es sacar a los campesinos de su tierra... Los precios de los productos comerciales del trópico sólo permitirán salarios de subsistencia cuando, en el proceso del cambio, el capital y el conocimiento se pongan a disposición de los productores de subsistencia para incrementar la productividad de bienes alimenticios tropicales para el consumo doméstico.⁵

La teoría del desarrollo económico

En la obra que consolidó su fama, *La teoría del desarrollo económico*, define a éste como

el crecimiento y no la distribución. Es posible que crezca la producción y, sin embargo, que la masa del pueblo se empobrezca. Tendremos que considerar la relación

⁴ *Op. cit.*

⁵ *Ibid.*, pp. 227-228, 260.

entre el crecimiento y la distribución de la producción, pero nuestro interés primordial estriba en analizar el crecimiento y no la distribución.

En segundo lugar, nuestra principal preocupación no es el consumo sino la producción. La producción puede aumentar y el consumo disminuir, ya sea porque aumente el ahorro, o porque el gobierno utilice una mayor proporción del producto para sus propios fines. Tendremos que considerar las relaciones entre producto, consumo, ahorro y actividad gubernamental, pero lo haremos desde el punto de vista del crecimiento del producto, y no del crecimiento del consumo.⁶

El problema central en la teoría del desarrollo económico, según él, es comprender el proceso en virtud del cual una colectividad que anteriormente ha estado ahorrando e invirtiendo 4 ó 5% de su ingreso nacional o menos, se transforma en una economía en que el ahorro voluntario llega al 12%, 15% o aún más del ingreso nacional. Tal es el problema central, porque el factor clave del desarrollo económico es la rápida acumulación de capital, incluyendo en él los conocimientos tecnológicos y la calificación del trabajador. Resulta imposible explicarse una revolución "industrial", como pretenden hacerlo los historiadores de la economía, en tanto no podamos explicar por qué crece el ahorro respecto al ingreso nacional.⁷

Los problemas prácticos de la planificación

Dice Lewis en el prefacio de su *Teoría de la planificación económica*, que se ha escrito mucho sobre la teoría del desarrollo económico y muy poco sobre cómo se hace un plan de desarrollo, cuáles son sus partes más difíciles, y sobre qué distingue a un buen plan de uno malo. Y añade que el ciudadano común y corriente, cuya vida se ve afectada por estos planes debería

⁶ *Op. cit.*, p. 9, Fondo de Cultura Económica, México, 1958.

⁷ "Desarrollo económico con oferta ilimitada de mano de obra", *Op. cit.*, pp. 234-235.

disponer de un texto breve y sencillo que lo ayude a entenderlos. Acto seguido, presenta a este lector hipotético un manual relativamente simple sobre el arte de planificar. Así, el libro va dirigido al lego inteligente que haya cursado cuando menos el equivalente de un año de economía, supongo que en Inglaterra o los Estados Unidos, lo que equivaldría a cuatro años o más en el mundo subdesarrollado. Advierte Lewis que este nuevo libro no es una repetición de su obra previa *La teoría del desarrollo económico*; que su primera obra es filosófica y teórica en tanto que la segunda es práctica e instrumental.

Este libro, que en inglés se titula *Development Planning: The Essentials of Economic Policy*,⁸ ha sido indebidamente titulado en su versión española *Teoría de la planificación económica*.⁹ Yo creo que el título debió ser, literalmente, *La planeación del desarrollo: aspectos esenciales de la política económica*, puesto que la insistentemente declarada intención del autor es discutir los problemas prácticos que implica la elaboración de un plan económico, haciendo a un lado enfáticamente los aspectos teóricos e ideológicos. La obra consta de cuatro partes:

- 1) Patrones de planeación.
- 2) Estrategia del plan.
- 3) La aritmética de la planeación.
- 4) El procedimiento de la planeación.

Está planeada como si fuera un buen libro de cocina, y explica en detalle qué es un plan, cuáles son sus ingredientes, cómo se le prepara y cuánto tiempo tarda en llegar a su punto.

No existe una fórmula sencilla para hacer un plan de desarrollo. En primer lugar, un plan es esencialmente una serie de suposiciones sobre el futuro... y no existe fórmula para predecir éste... Un plan de desarrollo se hace... de una filosofía general sobre la forma en que ocurre el desarrollo.¹⁰

Los ingredientes de un plan pueden ser uno, varios o todos los siguientes:

- i) Una investigación de las condiciones económicas actuales;
- ii) Una lista de gastos públicos proyectados;
- iii) Una exposición de los desarrollos probables en el sector privado;
- iv) Una proyección macroeconómica de la economía;
- v) Una revisión de las políticas gubernamentales.

Lewis explica qué distingue un buen plan de uno malo. Lo que cuenta es la comprensión de las fuerzas que determinan el crecimiento en el caso específico del país, sector o empresa que se planifique y no las técnicas estadísticas y econométricas utilizadas. Esto que aparentemente es una perogrullada, representa uno de los escollos más grandes a la planeación eficaz. Especifica qué tipos distintos de plan existen y, con buen humor matizado de escepticismo, señala cómo, con frecuencia, los políticos hacen planes no con la intención de llevarlos a cabo sino para lograr un ascenso o para destruir a otro político.

Cuando se refiere al período del plan, nos dice: "los planes vienen en tres tallas: chica, mediana y grande... y qué debe contener un plan de un año (talla chica) uno de 3 a 7 (talla mediana), y uno de 10 a 20 años (talla grande)".¹¹ Explica por qué los tres planes hacen falta. El primer plan que hay que hacer es el 10 a 20 años, que más que un plan es un catálogo de buenas intenciones y un ejercicio en futurología. Este primer plan consta de la evaluación de las perspectivas a largo plazo y es indispensable porque para planear, por ejemplo, la construcción de caminos, debe tenerse una perspectiva de cuando menos de 10 años, del mismo modo que las autoridades escolares deben tener una visión de cuando menos 10 años, puesto que los profesores no se producen de un día a otro. Y añade, "un plan de 10 años es mejor, además, porque en él se puede prometer el doble de satisfacciones que en uno de cinco".

El plan anual es el plan de control y constituye, en efecto, el plan en el que se comparan los resultados anuales con los recursos disponibles. Se trata de un documento operativo.

Lewis insiste en que las tasas de

crecimiento futuro deben ser determinadas según las posibilidades y no según las necesidades. Señala que cerca de las dos terceras partes de la formación de capital se destinan a la construcción y una tercera parte al equipo. Que las limitaciones más graves en la construcción se deben a la escasez de mano de obra capacitada; en tanto que las limitaciones de la capacidad para producir maquinaria son un factor limitativo únicamente en una economía cerrada, pero no en una economía abierta que pueda convertir sus ahorros en divisas y comprar maquinaria con ellas.

Lewis hace gran hincapié en la importancia de la tasa de crecimiento de la agricultura —sector que la CEPAL, siempre descuidó— y afirma:

*En la práctica, la tasa de crecimiento total que puede lograrse en una economía subdesarrollada depende principalmente de lo que suceda en su agricultura.*¹² Una tasa de crecimiento de 5% por año, solamente puede ser excedida en las siguientes circunstancias:

- 1) Si la agricultura está creciendo rápidamente porque se han abierto nuevas tierras al cultivo, o porque una inversión masiva en trabajos de irrigación está pagando dividendos, o porque los campesinos se han entusiasmado con los fertilizantes, nuevas variedades o nuevas cosechas; o
- 2) Si el desarrollo de la economía está ya bien avanzado y la importancia de la agricultura en el total ya ha disminuido significativamente; o
- 3) Si existe una industria minera que está creciendo con rapidez.

En la mayoría de los países subdesarrollados no prevalece ninguna de estas condiciones. Una tasa anual de crecimiento de 5%, debe, por lo tanto, considerarse como un logro notable y las pretensiones que excedan de esta cifra deben tratarse con desconfianza.

La moraleja de esta aritmética no es que los planes de desarrollo deban aceptar normalmente 4% como su objetivo, sino que éstos deberían dar prioridad normalmente, al intento de elevar la producción agrícola a más del 3%

anual. *Careciendo de minería es imposible lograr altas tasas de crecimiento, a menos que la agricultura salga de su marasmo tradicional para entrar a un rápido proceso de crecimiento.*¹³

En la parte sobre la aritmética de la planeación, que también han estudiado a fondo Colin Clark y Simon Kuznets, premio Nobel de Economía en 1971, explica por qué un país que aspira a desarrollarse necesitará invertir en tal empresa cuando menos el 20% de su producto nacional bruto, excluyendo los cargos correspondientes a defensa y deudas. Veamos por qué:

La erogación periódica en la administración general y económica toma, digamos, 6%; la educación, 3%; salubridad, 2%; servicios de beneficencia, 2%; erogación de capital en obras públicas (incluyendo carreteras, escuelas y hospitales), 3%; y cuando menos se requiere un 4% para erogación de capital, bien sea por las empresas del sector público (agua, transportes, puertos, alojamientos, etcétera) o por las corporaciones financieras del Gobierno que facilitan dinero al sector privado: banco industrial, crédito agrícola o financiamiento de hipotecas.¹⁴ Vemos así que la contribución

para la formación de capital es muy pesada. Ideologías aparte, esto se debe al bajo nivel de ahorro privado; al hecho de que, careciendo de un mercado de capital, lo que los pequeños ahorradores privados no invierten en sus propios negocios, granjas o viviendas, va a los bancos de ahorro o es invertido en la adquisición de bonos del gobierno; en parte, además, se debe a que el gobierno es el canal principal para asignar los préstamos y donativos extranjeros.

Cuánto de este 20% tiene que captar el gobierno en impuestos y otros ingresos, dependerá de lo que pueda conseguir en empréstitos internos, o de cuánto pueda obtener en el extranjero en préstamos y donaciones. Sin embargo, no es probable que el ingreso que necesita el gobierno sea inferior al 17% del producto bruto excluyendo defensa y deudas.

Inevitablemente, nuestro autor dedica una parte de su libro a la planeación de la educación y señala que:

Los países pobres no pueden darse el lujo de pagar por tanta educación como los países ricos. Tienen, por lo tanto, que establecer prioridades en términos así de calidad como de cantidad.

El costo de la educación es más alto en las naciones pobres, por dos razones. Primera, porque debido al alto índice de natalidad, la población en edad escolar es relativamente grande. La proporción de

la población de 5 a 14 años es solamente de 15% en la Gran Bretaña, pero es de 25% en los países subdesarrollados típicos. Segunda, porque debido a la relativa escasez de personas preparadas la relación del salario de un maestro al ingreso *per capita* es mucho más alta en los países pobres —dos o tres veces mayor—. Por estas dos razones, considerando que la educación primaria universal cuesta a un país rico más bien menos del 1% del ingreso nacional, le costaría a una nación pobre del 2 al 4% de éste.¹⁵

La obra de Lewis nos proporciona el punto de partida más firme y riguroso que puede ofrecer el enfoque neoclásico, porque combina un imaginativo escepticismo, que sólo puede darse en quien conoce a fondo la ecología del subdesarrollo porque nació y creció en ella, con una vasta experiencia y una aguda capacidad de observación y análisis. Después de esto, como veremos enseguida, la discusión del desarrollo se complica rápidamente e irrumpen en ella complejos y elusivos conceptos como las secuencias de decisión, la retroalimentación, el análisis de sistemas, de motivaciones y de conflictos, y otros novedosos conceptos e instrumentos analíticos que forman parte muy importante del análisis y de la especulación científica de nuestra época. ●

¹³ *Op. cit.*, pp. 154-155.

¹⁴ *Op. cit.*, pp. 115-116.

¹⁵ *Ibid.*, p. 104.

INTERCIENCIA

Usted también podrá enterarse de quiénes son los científicos que están haciendo adelantos significativos en todos los rincones de América... enterarse de cuáles son los libros más importantes que se están publicando sobre ciencia y tecnología... mantenerse al día sobre reuniones y simposios que se efectúan en todo el Hemisferio Occidental. Suscríbase ahora y recibirá un número gratis de **INTERCIENCIA**.

INTERCIENCIA es la única revista que lo puede mantener informado sobre el mundo siempre cambiante de la ciencia y el desarrollo de América. Suscríbase ahora y reciba siete números de **INTERCIENCIA** por el precio de seis. ¡Aproveche esta oferta especial hoy mismo!

Sí... envíeme siete números de **INTERCIENCIA** (catorce meses) por el precio de seis. Bs. 43.00 (U.S.\$ 10.00) suscripción individual, Bs. 86.00 (U.S.\$ 20.00) suscripción institucional.

Anexo cheque

Nombre

Dirección

Ciudad País

REVISTA **INTERCIENCIA**

Apartado 51842. Caracas 105. Venezuela

⁸ Unwin University Books, 1966.

⁹ Fondo de Cultura Económica, México, 1968.

¹⁰ *Op. cit.*, p. 2.

¹¹ *Development Planning*, p. 148.

¹² Las cursivas son mías.

LOS NUEVOS METALES

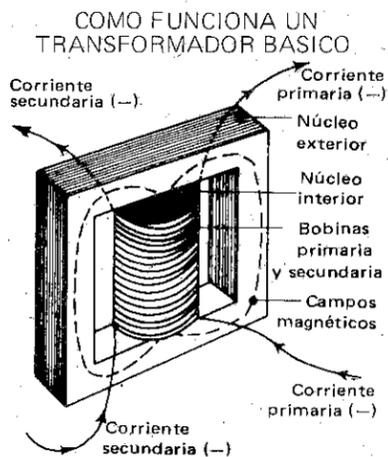
Los laboratorios de investigación comienzan a producir un nuevo tipo de metal. Se trata de un metal vítreo —con la estructura atómica del vidrio— que puede servir para fabricar diversos objetos, desde hojas de afeitar hasta enormes transformadores eléctricos, mejores y más baratos que los actuales, siempre y cuando se lleven directamente del laboratorio a la fábrica.

En realidad, los metales vítreos son líquidos superenfriados. Su producción implica primero la mezcla de un metal con aditivos (como el hierro, el boro, el silicio, el carbono, y a veces el fósforo), para luego refrigerar el líquido rápidamente, a razón de un millón de grados por segundo. El enfriamiento rápido impide que el metal se cristalice a medida que adquiere solidez. Como resultado se obtiene un metal cuyos átomos están unidos en forma aleatoria (como los de un líquido) en lugar de alinearse en millones de gránulos distintos de cristales (como los de los metales ordinarios). Esta estructura atómica especial ofrece tres grandes ventajas:

1. *Resistencia.* Debido a que carecen de los límites entre cristales que favorecen generalmente la presencia de fisuras, los metales vítreos son más resistentes que los aceros inoxidables.

2. *Resistencia a la corrosión.* Los metales ordinarios se corroen porque los agentes oxidantes se establecen primero en su superficie desigual, y luego penetran mediante un proceso electrolítico de brincos de un cristal a otro. Bajo los dos aspectos, los metales vítreos resisten mejor los ataques.

3. *Facilidad de magnetización.* Debido a que los metales ordinarios están formados por gránulos distintos de cristales, el magnetizarlos implica el empleo de una cantidad suficiente de energía para alinear los polos (norte y sur) de todos los cristales. Es mucho más fácil que se alineen dentro de un campo magnético los átomos



de los metales vítreos orientados al azar. Esto podría representar un gran ahorro de energía en numerosas aplicaciones eléctricas.

Un inconveniente radica en que los metales vítreos sólo pueden fabricarse en cintas sumamente delgadas, ya que de lo contrario no es posible retirar el calor del metal fundido con suficiente rapidez como para impedir la cristalización. Aun así, las cintas con espesor inferior a cinco milésimas de pulgada y anchura aproximada de un cuarto de pulgada (producidas al arrojar chorros de metal fundido en una rueda fría de rápida rotación) están provocando el interés de los industriales.

Un importante fabricante de máquinas de afeitar intenta utilizar este proceso de una sola etapa a fin de producir cintas con un borde apropiado para las hojas de esta máquina. Otra compañía está haciendo con las cintas un tejido que podría utilizarse (a granel) para cubrir cables submarinos o como envoltura protectora de motores de reacción a chorro.

Sin embargo, el mayor mercado potencial para los metales vítreos radica en los dispositivos eléctricos, especialmente los transformadores. Las cintas vítreas, como dijimos, son delgadas; pero para explotar todo el potencial del mercado tendrán que fabricarse más anchas de lo que se han hecho hasta la fecha.

Los transformadores se usan en

toda clase de aparatos, desde radios hasta estaciones generadoras de energía, con el fin de ajustar el voltaje de una corriente eléctrica para que se adapte a su utilización, por ejemplo para incrementar el voltaje y obtener una transmisión eficaz a lo largo de los cables de potencia, y luego disminuir los voltajes para que puedan utilizarse con dispositivos eléctricos en el hogar. Y el corazón de cualquier transformador es un núcleo de metal que puede rápidamente magnetizarse.

El núcleo se utiliza para dirigir el campo magnético creado por una corriente eléctrica en un alambre enrollado a su alrededor hacia otra bobina desconectada (véase diagrama). Esto crea una corriente en la segunda bobina, cuyo voltaje depende de la cantidad de alambre expuesta al campo.

Debido a que los metales vítreos se magnetizan fácilmente, la sustitución de los materiales actualmente utilizados en núcleos de transformadores por el nuevo metal, podría reducir la pérdida de energía en los transformadores, que es casi del 1% de la electricidad que reciben, a menos de 0.35%. El Instituto de Investigación de la Energía Eléctrica de California calcula que la sustitución de transformadores tradicionales por transformadores con núcleo de metal vítreo podría representar un ahorro anual (incluyendo los costos de capital y de operación) de 200 millones de dólares, solamente en Norteamérica.

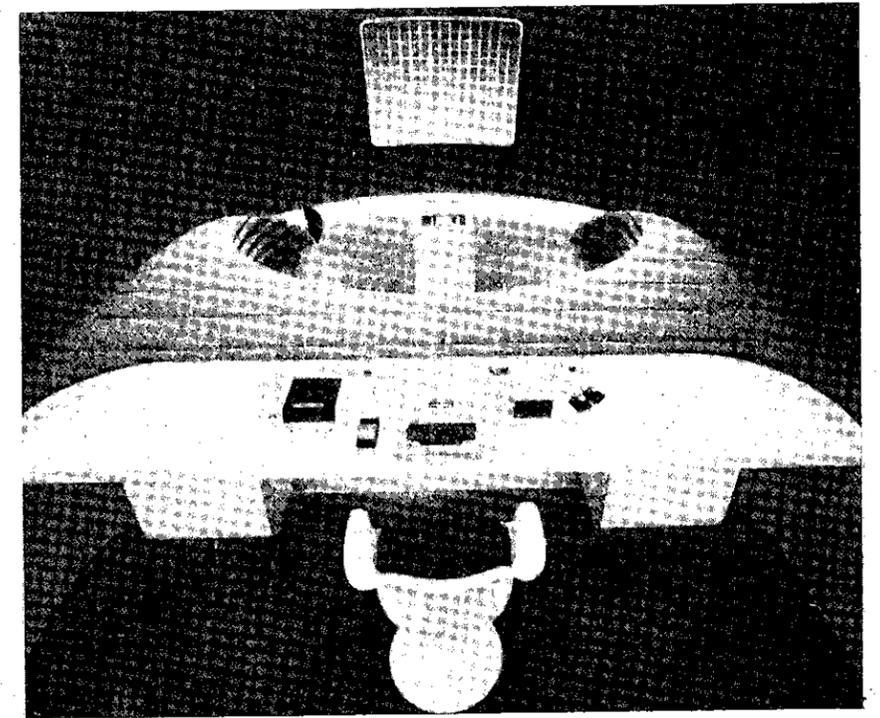
Por los hechos anteriores, las compañías ya están intentando resolver los problemas técnicos. Una empresa norteamericana, la Allied Chemical Company, espera producir para dentro de un año núcleos de metal vítreo (utilizando la anchura de cintas actualmente disponibles) para pequeños transformadores especiales, y dentro de un futuro a corto plazo tiene la esperanza de llevar al mercado sustancias compuestas que incorporen metales vítreos. Pero la gran recompensa estará en los transformadores de gran tamaño. Esto implica que se encuentre el medio de producir cintas de 6 pulgadas de ancho (15

centímetros), o sea de tres veces el máximo que se ha logrado fabricar hasta la fecha.

La compañía Allied Chemical ha emprendido un proyecto de investigación de seis millones de dólares en cooperación con la Westinghouse y el Instituto de Investigación de la Energía Eléctrica, con el fin de resolver este problema. También lo está investigando la General Electric. Las dificultades aún pueden ser muchas, aunque se lleguen a superar las de la primera etapa, que consiste en crear tiras anchas de metal vítreo. Pero acometer este problema merece el esfuerzo. Se calcula que el mercado mundial de transformadores es superior a los cuatro mil millones de dólares por año.

CENTRO DE COMPUTACION

"Compucomunicación" — palabra híbrida de las tecnologías en computadoras y comunicación— tal vez pronto se transforme en una palabra de uso común, debido a un mueble futurista diseñado por la Universal Technology de Huston, Texas, al que se le dio el nombre de unidad teleportátil (véase fotografía). Este integra los últimos equipos de computadora y video en un módulo tapiza-



do único que puede acomodar a doce personas. Diseñado para instalarse en casas y oficinas, este teatro autosuficiente funciona como sala automatizada de conferencias para comunicaciones de video en ambos sentidos, o como centro electrónico de esparcimiento en el hogar. El equipo básico está formado por una consola de control de computadora, un proyector de video y una pantalla, una grabadora de videocassettes y un sistema completo de audio. Todos los

controles de computadora necesarios para programar y hacer funcionar el equipo están situados en un extremo de la unidad. El otro extremo está formado por una sala semicircular de proyección completa con asiento para los espectadores. Puede parecerse que se trata de algo sacado de una película de James Bond, pero la unidad teleportátil ya ha sido instalada en la casa de un banquero de Houston. Precio: 100 000 dólares aproximadamente.



VOL. I No. 3 1979

INDICE DE REVISTAS EN EDUCACION SUPERIOR E INVESTIGACION EDUCATIVA (IRESIE)

Si Ud. está interesado en temas actuales de educación superior o investigación educativa, solicite esta publicación gratuita que le ofrece rápido acceso al contenido de 250 revistas especializadas.

INFORMES: CLATES, A. C. Presidente Carranza No. 162, Coyoacán, México 21, D. F., Tels. 554-86-55 y 554-85-13



Gonzalo Aguirre Beltrán



Juan Celada



Pablo Rudomín

Los Premios Nacionales de Ciencias y Artes correspondientes a 1979 fueron entregados por el presidente **José López Portillo** a **Pablo Rudomín** en ciencias físico-matemáticas y naturales; a **Juan Celada** en tecnología y diseño; a **Gonzalo Aguirre Beltrán** en historia, filosofía y ciencias sociales; a **Guillermina Bravo** en bellas artes, y a **Juan José Arreola** en lingüística y literatura.

Pablo Rudomín es doctor en ciencias fisiológicas y trabaja en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CIEA) del Instituto Politécnico Nacional (IPN). Ha publicado importantes estudios sobre neurofisiología en revistas mexicanas y extranjeras.

Juan Celada, ingeniero mecánico electricista, es actualmente director técnico de la División Acero del Grupo Alfa. Participó en el proyecto de reducción directa del acero (HYL), proceso que permite un ahorro del 40% en el costo de la fabricación de dicho metal.

El doctor **Gonzalo Aguirre Beltrán** ha realizado estudios antropológicos de relevancia sobre diferentes aspectos de las culturas autóctonas de México, y sus teorías fueron el elemento principal para el establecimiento de los Centros Coordinadores Indigenistas en 1949. Actualmente es funcionario de la Secretaría de Educación Pública (SEP).

Fundadora y directora del Ballet Nacional, **Guillermina Bravo** es la

primera mujer que obtiene este premio. A ella se debe la formación de varias generaciones de bailarines mexicanos.

Por su parte, **Juan José Arreola** es uno de los literatos mexicanos más sobresalientes. También ha sido editor y ha contribuido a la formación de nuevos escritores. ■

La **Quincena Franco Mexicana de Intercambios Tecnológicos** se llevó a cabo en la ciudad de México del 5 al 16 de noviembre del año pasado. Este suceso fue consecuencia de la Ley de Formación Continua, cuyo objetivo es promover los intercambios tecnológicos. Dicha ley, que existe tanto en Francia como en México, ha obtenido resultados completos gracias a organismos como la AC-TIM (Agencia para la Cooperación Técnica, Industrial y Económica), la cual ha realizado intercambio de especialistas franceses y mexicanos, en colaboración con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

En esta Quincena participaron los sectores público y privado de Francia, los que presentaron una muestra de los logros tecnológicos e industriales de dicho país, por medio de películas, exposiciones, conferencias y mesas redondas sobre temas como la energía, las telecomunicaciones y el espacio, el petróleo, la química, las industrias agro-alimenticias, los transportes, la industria metal-mecánica, y otros. ■

La fundación Arturo Rosenblueth, establecida el 10. de agosto de 1978 con el fin de apoyar el desarrollo de la tecnología informática aplicada a la ciencia en México, entregó sus primeros premios el año pasado. Dichos premios correspondieron a los grupos de trabajo de la Dirección General de Bibliotecas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y al del Instituto Nacional de Cardiología.

El primer grupo elaboró un sistema de información bibliográfica que le permite a cada biblioteca organizar la información desde una perspectiva catalográfica y administrativo-contable, con lo cual se agilizan los procesos técnicos y administrativos. Este grupo pertenece al Programa LIBRUNAM, y está formado por los actuarios **Felipe Díaz**, **Iliana González** y **Charlotte Bronsoiler**; los ingenieros **Israel Steinberg**, **Alfredo Bronsoiler** y **Juan Voutssas**; los licenciados **Jovv Valdospino** y **Hellena Cardus**; el físico **Alejandro Ramírez** y **Victoria Pizaña**.

El segundo grupo estableció el Sistema de Electrocardiografía Computarizada del Instituto Nacional de Cardiología de México (SECIME). Este sistema permite a cualquier centro de salud que no cuente con un cardiólogo, enviar por vía telefónica a dicho Instituto las señales que representa el electrocardiograma para ser procesadas, y posteriormente elabo-

rar el diagnóstico. Este grupo está integrado por los doctores **Abdo Bisteni**, **Victor Alatraste**, **Javier Marín** y **Carlos García Moreira**; los físicos **Rafael Carmona**, **César González** y **Francisco Grande**; los ingenieros **Armando Sánchez**, **Valentín Díaz** y **Jesús Mondragón**. ■

El 29 de noviembre de 1979 el doctor **Edmundo Flores**, director general del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y el señor **Ernesto Rubio del Cueto**, presidente de la Confederación de Cámaras Industriales (CONCAMIN), firmaron el convenio CONACYT-CONCAMIN para la formación de recursos humanos en áreas consideradas prioritarias en nuestro país.

Con este convenio, el CONACYT se compromete a otorgar las becas-crédito que requieran las cámaras industriales y asociaciones afiliadas a la CONCAMIN. Asimismo, el CONACYT colaborará con dichos organismos en el diagnóstico de las necesidades de formación de recursos humanos.

Por su parte, la CONCAMIN se obliga a promover entre sus instituciones asociadas las actividades del CONACYT, y a difundir entre ellas los programas de becas, cursos, especializaciones y actualizaciones que se imparten sobre ciencia y tecnología.

Además, el CONACYT y las cámaras industriales y asociaciones pertenecientes a la CONCAMIN interesadas en la formación de recursos humanos celebrarán convenios específicos, para determinar las áreas de interés y el tipo y número de becas.

En el acto, efectuado en el despacho del doctor E. Flores, éste afirmó que el convenio está dirigido fundamentalmente a la formación de recursos humanos de mediano y alto nivel en diversas especialidades. También se refirió el doctor E. Flores a la capacitación de personal de niveles menores, aspecto en el que podría intervenir la Secretaría de Educación Pública.

Por su parte, el presidente de la CONCAMIN expresó que este convenio es un buen ejemplo de coordinación entre los sectores público y privado para encontrar mejores fórmulas de capacitación de personal. ■



Daniel Reséndiz Nuñez

El nuevo Consejo Directivo de la Academia de la Investigación Científica tomó posesión el 16 de noviembre del año pasado en un acto realizado en el Palacio de Minería.

El doctor **Daniel Reséndiz Nuñez**, premio Elías Sourasky 1978 y director del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, sustituyó en la presidencia al doctor **Guillermo Carvajal**, y el doctor **Pablo Rudomín**, profesor titular del Departamento de Fisiología del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, asumió la vicepresidencia.

Asimismo, los doctores **Enrique Florescano Mayet**, director de Estudios Históricos del Instituto Nacional de Antropología e Historia, y **Roberto Canales Ruiz**, del Instituto de Ingeniería, fueron elegidos como secretarios, y el doctor **Jorge Bustamante** como tesorero. ■

Con el fin de trabajar en un proyecto que estudie nuevos usos y aplicaciones del henequén, como la fabricación de papel a partir de su celulosa, el 21 de noviembre del año pasado se estableció el convenio para la creación del Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY).

Dicho convenio, firmado en una reunión encabezada por el presidente **José López Portillo** en la residencia de Los Pinos, fue suscrito por **Francisco Luna Kahn**, gobernador de

Yucatán, **Francisco Merino Rábago**, secretario de Agricultura y Recursos Hidráulicos; **Francisco Labastida**, subsecretario de Programación y Presupuesto; **Edmundo Flores**, director del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT); **Guillermo Soberón Acevedo**, rector de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), y **Manuel Ortega**, director del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CIEA) del Instituto Politécnico Nacional (IPN).

El CICY, coordinado por el CONACYT, inició sus trabajos en enero de este año, paralelamente a los de un centro de estudios económicos sobre el henequén, cuya tarea es considerar las posibilidades de mercado y producción de esa planta. ■

Un grupo de científicos de diversas universidades y centros de investigación de México e Israel organizaron el "Simposio de Física México-Israel en el Centenario de Albert Einstein", para conmemorar este acontecimiento. El encuentro tuvo lugar en la Unidad de Seminarios Ignacio Chávez de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), del 12 al 17 de noviembre del año pasado.

Los físicos israelitas y mexicanos presentaron al simposio investigaciones originales sobre mecánica estadística y teoría de campo, física nuclear y relatividad general. Además, se organizaron dos debates destinados al público no especializado.

En el primero, que trató sobre la ciencia en Latinoamérica, participaron **Joseph Hodara** de la Universidad de Tel Aviv; **Marcos Moshinsky** de la UNAM; **Ruy Pérez Tamayo** del Instituto Nacional de la Nutrición, y **Victor L. Urquidí**, presidente de El Colegio de México. **Mauricio Fortes**, del Comité Organizador, fue el moderador.

En el segundo, titulado "¿Es posible planear la ciencia?", se abordó el debate Polany-Bernal. Los participantes fueron: **Edmundo Flores**, director del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT); **Joseph Hodara**; **Cinna Lomnitz** de la UNAM, y **Yuval Ne'eman** de la Universidad de Tel Aviv. El moderador fue **Jorge Flores**, de la UNAM. ■



Hugo Aréchiga

El presidente **José López Portillo** entregó los premios de la Academia de la Investigación Científica, correspondientes a 1979, en una ceremonia realizada en el salón Venustiano Carranza de Los Pinos, el 31 de octubre del año pasado.

Los premios les fueron concedidos a los doctores **Rafael Palacios de la Lama** y **Hugo Aréchiga Urtuzuástegui** en ciencias naturales; **Jorge Silvio Helman** en ciencias exactas, y **Alejandra Moreno Toscano** en ciencias sociales.

La labor del doctor **Palacios de la Lama**, entre otras cosas, ha contribuido al aislamiento y caracterización del ácido ribonucleico. Destacan también sus trabajos, en colaboración con el doctor **Jaime Mora**, acerca de la síntesis de proteínas partiendo del nitrógeno atmosférico, y sobre purificación y movilización de genes



Jorge Silvio Helman



Rafael Palacios de la Lama

relacionados con el metabolismo nitrogenado.

Aislar y caracterizar una hormona que aminora la actividad del sistema nervioso en los crustáceos, a la que se llamó "neurodepresora", es uno de los resultados de las investigaciones llevadas a cabo por el doctor **H. Aréchiga** en colaboración con el doctor **Alberto Huberman**. Existen, además, muchos otros trabajos en el campo de la fisiología del sistema nervioso que expresan el empeño científico de este investigador.

El doctor **Jorge Silvio Helman** ha realizado importantes trabajos sobre semiconductores magnéticos, resonancia paramagnética de electrones de conducción, transporte eléctrico en aisladores, electrones polarizados, propiedades dieléctricas de conductores desordenados y celdas solares. Sus investigaciones han derivado en



Alejandra Moreno Toscano

aplicaciones tecnológicas como detectores de partículas nucleares, videcones de televisión y otras.

Por su parte, la doctora **Alejandra Moreno Toscano** ha destacado como catedrática e investigadora en El Colegio de México, en la Universidad Nacional Autónoma de México y en el Instituto Nacional de Antropología e Historia; actualmente es directora del Archivo General de la Nación. Un ejemplo de las aportaciones de la doctora **A. Moreno Toscano** al conocimiento e interpretación de diferentes problemas sociales de nuestro país es su libro *Geografía económica de México*. ■

El doctor **Richard C. Atkinson**, director de la National Science Foundation (NSF), estuvo en nuestro país en los primeros días de noviembre del año pasado invitado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). La visita tuvo por objeto que el científico norteamericano conociera diversos centros de investigación en México.

"Visité el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional y recorrí varios institutos de la Universidad Nacional Autónoma de México, y estoy muy impresionado. Creo que se ha logrado un progreso asombroso durante los últimos diez años. La calidad de las investigaciones es excelente. Si los próximos diez años son tan productivos como los anteriores, la calidad de la investigación científica en México estará a la altura de la de cualquier país del mundo. El vínculo que se ha establecido entre tecnología, ciencia básica e industria es muy provechoso para el país", comentó el investigador norteamericano.

El doctor **R. Atkinson** fue jefe del Departamento de Psicología de la Universidad de Stanford de 1968 a 1973. Como investigador se ha ocupado principalmente de la psicología de la memoria, de problemas psicológicos y aprendizaje de matemática, y del desarrollo de técnicas de enseñanza con computadoras.

Desde 1972, fecha en la cual se formalizó el acuerdo para la realización de proyectos conjuntos de investigación científica entre los Estados Unidos y México patrocinados por el

CONACYT y la NSF, se han llevado a cabo una serie de reuniones con objeto de evaluar su avance y analizar y proponer posibles áreas de cooperación.

Estos proyectos conjuntos se han enfocado a diez áreas, destacando los relativos a física, química, ciencias biológicas, ecología, computación, ingeniería y geología. "También se han hecho algunos en el campo de las ciencias sociales, en antropología por ejemplo, pero son escasos en comparación con los de ciencias físicas y biológicas", concluyó el doctor **R. Atkinson**. ■

"Hoy, más que nunca, América Latina se encuentra en una situación privilegiada en lo que respecta a sus perspectivas de desarrollo general, particularmente en el campo agrícola", afirmó la doctora **Johanna Dobereiner** al recibir el premio en ciencias Bernardo A. Houssay correspondiente a 1979, que otorga anualmente la Organización de Estados Americanos (OEA).

El premio, cuyo monto es de 30 mil dólares, fue concedido a dicha investigadora en reconocimiento a su trabajo de más de 27 años en el campo de la fijación biológica del nitrógeno atmosférico en distintas especies vegetales, especialmente en las gramíneas. El proceso desarrollado por la doctora ha contribuido sustancialmente al aumento de la producción de soja y otras leguminosas, e implica una considerable economía de energía.

La doctora **J. Dobereiner** recibió el premio en una sesión especial de la X Reunión del Consejo Interamericano para la Educación, la Ciencia y la Cultura (CIECC) efectuada en Bridgetown, Barbados, el 14 de septiembre de 1979.

Al agradecer la distinción, la investigadora brasileña aseveró que la superficie aprovechable para el cultivo en América Latina es susceptible de ser triplicada sin necesidad de destruir las selvas, que abarcan 3 millones de kilómetros cuadrados. Asimismo, comentó que contamos con una excelente alternativa para el nitrógeno "...ya que el 76% de la atmósfera terrestre está constituida por nitrógeno molecular, el que, con un pequeño

grupo de microorganismos, puede transformar las reservas, limitadas, en amonios que las plantas absorben".

La doctora **J. Dobereiner**, primera mujer que recibe este premio, trabaja desde 1951 en el Servicio Nacional de Investigaciones Agronómicas, dependiente del Ministerio de Agricultura de Brasil. ■

Con el título "El Golfo de California: origen, evolución, aguas, vida marina y recursos", se realizó a fines del año pasado un simposio en la Estación Mazatlán del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. Este evento constituyó la quinta reunión científica dentro de los festejos conmemorativos del Cincuentenario de la Autonomía de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

El objetivo del simposio fue revisar los conocimientos que actualmente se tienen sobre el Golfo de California, y definir los caminos a seguir en el campo de la investigación marina en esta área.

Al iniciar los trabajos, el doctor **Alfredo Laguarda**, director del Centro, agradeció el apoyo que brindaron el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), la UNESCO y la National Science Foundation (NSF) para la realización del simposio. ■

El Instituto de Ecología, el Gobierno del Estado de Durango y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) organizaron un Foro sobre Zonas Áridas en el Laboratorio del Desierto, situado en el Bolsón de Mapimí, en Durango.

A este evento asistieron 36 representantes de diferentes instituciones y centros de investigación con el objeto de intercambiar información sobre dicho tema.

El foro se llevó a cabo el 9 de noviembre de 1979, y en él se trataron, entre otros, los siguientes temas: el posible desarrollo agropecuario del sur de Durango, los avances en sistemas de riego que se aplican en la Región Lagunera y el desarrollo ganadero en Mapimí. También se presentó un proyecto sobre la utilización de los recursos renovables en las zonas desérticas, y un análisis ecológico.

El Laboratorio del Desierto fue es-

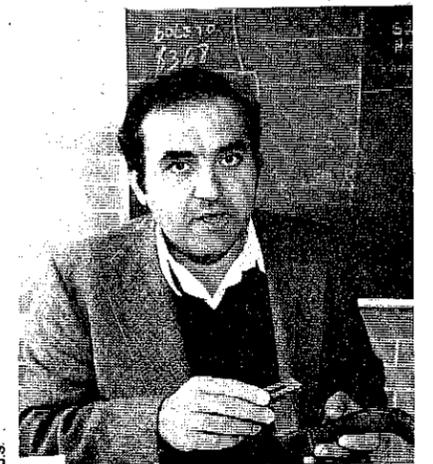
tablecido por el Instituto de Ecología, con los auspicios del Programa Hombre Biosfera (MAB) de la UNESCO, y su ubicación en Durango se debe a que existen reservas de biosfera en la región. ■

El director general del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, doctor **Edmundo Flores**, firmó en Monterrey dos convenios el 23 de noviembre de 1979. Uno con la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), mediante el cual el CONACYT otorgará 101 becas académicas por 25 300 200 pesos; y otro con HYLSA, Tecnología Siderúrgica, a través de él el CONACYT dará 25 becas de especialización técnica, con un presupuesto de 1 737 500 pesos.

El convenio con la UANL fue firmado por el rector de esa casa de estudios, doctor **Alfredo Piñero López**, y el de HYLSA, por el director general de la empresa, ingeniero **Héctor Javier Sojo**. ■

La Sociedad Astronómica del Pacífico (Astronomical Society of the Pacific) seleccionó por unanimidad al doctor **Luis Felipe Rodríguez** como uno de los dos ganadores del premio Robert J. Trumpler para 1980, por su tesis de doctorado *Observaciones de líneas de recombinación de radio en el centro de la galaxia*.

La entrega de este premio, que se concede a trabajos relevantes en el campo de la astronomía, se realizará en la próxima reunión anual de dicha sociedad, del 9 al 12 de julio de 1980, en Tucson, Arizona, EE. UU. ■



Luis Felipe Rodríguez

Los análogos

POR DAMON KNIGHT

La criatura era igual que un ojo, un ojo globular que podía ver en todas direcciones, enquistado en la gris y nublada mente que se llamaba Alfie Strunk. Dentro de ella los pensamientos serpenteaban, mientras el ojo los seguía sin piedad.

Conocía a Alfie, conocía lo malo en Alfie; le enmarañada madeja de impotencia, odio y deseo; la ecuación amor = muerte. Las raíces de aquel mal se hallaban fuera de su alcance; era sólo un ojo. Pero ahora estaba cambiando. Pequeños hormigueos eléctricos iban y venían profundamente por su propio centro. La energía encontraba un nuevo matiz, y fluía.

Un pensamiento brilló en la nube gris que era Alfie, formado a medias, pero inequívoco. Y se abrió un cauce. Instantáneamente, el ojo introdujo por él un filamento de sí mismo.

Ahora había quedado libre. Ya podía actuar.

El hombre que yacía en el sofá se agitó, gimiendo. El doctor, que le susurraba al oído, retrocedió para observar su rostro. Al otro extremo del sofá, el técnico miró con profunda atención al paciente, luego volvió de nuevo a sus contadores.

La cabeza del paciente se hallaba cubierta hasta las orejas por un casco ovoide de metal. Una ancha tira de cuero, abrochada bajo su mandíbula, lo sostenía con firmeza. Las cabezas de los tornillos de sujeción sobresalían en tres círculos alrededor de la circunferencia del casco, y del grueso haz de los aislados alambres que partía de su centro, dirigido finalmente al tablero de control situado en la parte inferior del sofá.

El grueso cuerpo del hombre estaba envuelto por una plancha de caucho, y la parte posterior de su cabeza reposaba en la cubierta de un bloque de goma fijado al sofá.

—¡No! —gritó súbitamente. Balbuceó, mientras se contraían sus relajadas facciones—. No iba... ¡No! ¡No lo hagas...! —intentó mover su cuerpo, se tensaron vivamente los tendones de su cuello.

—Por favor—. Las lágrimas brillaron en sus ojos.

El doctor se inclinó hacia delante y musitó en su oído:

—Ahora podrá irse de aquí. Podrá irse. Han pasado cinco minutos.

El paciente se relajó y pareció dormirse. Una lágrima se deslizó lentamente por su mejilla.

El doctor se puso en pie e hizo un gesto afirmativo con la cabeza al técnico, que bajó lentamente el reóstato a cero, antes de desconectar los conmutadores.

—Buen viaje —murmuró silenciosamente el doctor. El técnico inclinó su cabeza en señal de asentimiento con una sonrisa. Garrapateó sobre una libreta: “¿Habrás pruebas esta tarde?” El doctor escribió la respuesta: “Sí. No podré decirlo hasta el preciso momento, pero creo que esto marcha”.

Sentado en la dura silla, Alfie Strunk masticaba rítmicamente, con la mirada perdida en el vacío. Su hermano le había indicado que esperase allí mientras bajaba al vestíbulo para hablar con el doctor. Alfie tenía la sensación de que estuvo ausente mucho tiempo.

El silencio flotaba a su alrededor. La estancia de desguarnecidas paredes sólo contenía la silla en que estaba sentado y un par de mesitas con libros. Había dos puertas; una de ellas, abierta, conducía al largo y desnudo vestíbulo exterior. En él existían otras, pero todas estaban cerradas, lo mismo que las ventanas. Al final del vestíbulo había una última puerta, también cerrada. Alfie oyó a su hermano cerrarla tras él, con un fuerte golpe seco, al marcharse. Se sentía muy seguro y solo.

Escuchó algo, un débil eco de movimiento, y volvió la cabeza con rapidez, automáticamente. El ruido venía de detrás de la segunda puerta de la habitación, la única entreabierta. Volvió a oírlo.

Se puso en pie prudentemente y en silencio. Se dirigió hacia la puerta de puntillas para mirar a través de la rendija. Al principio no vio nada; luego los pasos se aproximaron de nuevo y distinguió una llamarada de color; una falda estampada en azul, un suéter blanco, un reflejo de cabello cobrizo.

Alfie ensanchó la abertura, con gran cuidado. Su corazón latía con violencia y su respiración se estaba haciendo más rápida. Entonces pudo ver el extremo más alejado de la habitación. Un sofá, y una niña sentada en él, abriendo un libro. Aparentaba unos once años, y era delgada y frágil. Una lámpara de sobremesa junto al sofá proporcionaba la única luz de la estancia. Estaba sola.

Los embotados dedos de Alfie se introdujeron en el bolsillo de su pantalón y se contrajeron fútilmente. Le habían quitado la navaja. Dirigió su mirada a la mesita junto a la puerta, y contuvo la respiración. Allí estaba, su propia navaja, al lado de los libros. Su hermano debió haberla olvidado allí. Alargó la mano para cogerla...



RAOUL HAUSMANN

Y una irritada voz de mujer gritó:

—¡ALFIE!

Se giró de forma rastrera. Su madre estaba allí, dos veces más alta que él, con sus grises ojos encolerizados, con sus rasgos tan nítidos y reales que no podía dudar que era ella... aunque sabía que estuvo muerta esos quince años.

Tenía un bastoncillo de sauce en la mano.

—¡No! —rogó entrecortadamente Alfie, retrocediendo hacia la pared—. No lo hagas..., no pretendía hacer nada.

Ella levantó el bastoncillo.

—Eres malo, malo, malo —le riñó con dulzura—. Llévas el diablo dentro de ti y hay que sacártelo.

—No lo hagas, por favor... —imploró Alfie. Las lágrimas brotaron de sus ojos.

—Apártate de esa niña —ordenó la mujer—. Apártate por completo y no vuelvas.

Alfie se volvió y echó a correr, mientras los sollozos se ahogaban en su garganta.

En la habitación vecina, la niña continuó leyendo hasta que una voz dijo:

—Está bien, Rita. Eso es todo.

Levantó la vista.

—¿Ya está? Bueno, no fue mucho.

—Lo suficiente —continuó la voz—. Ya te lo explicaremos todo algún día. Anda, vámonos.

Ella sonrió, se puso en pie... y se desvaneció mientras salía de la hilera de espejos en la habitación de abajo. Las dos estancias en que Alfie fue sometido a prueba estaban vacías. Su madre ya se había ido..., con Alfie, dentro de su mente. Alfie jamás podría escapar de ella otra vez, mientras viviese.

Los largos y fríos dedos de Martyn apretaron suavemente el largo vaso de whisky y soda. El vidrio aceptó la presión, muy poco; el líquido subió casi imperceptible-

mente dentro del vaso. No se rompería, estaba seguro; no tenía bordes agudos y, si lo arrojaba, no lastimaría a nadie. Quizá era un símbolo, pero casi-todo cuanto había a su alrededor lo era también.

La música del combo de cinco instrumentos, en el extremo de la larga sala, era como un cristal, silenciosa, suave, complaciente. Y el contenido en alcohol del whisky que bebía era de veinticuatro grados en un cinco por ciento.

No obstante, los hombres aún se emborrachaban, aún alargaban la mano instintivamente en busca de un arma para matar.

Incluso podían suceder cosas peores. La cura era a veces peor que la enfermedad. “La operación resultó un éxito, pero el paciente murió”. Somos hechiceros, pensó. La mayoría de nosotros aún no lo hemos comprendido, pero eso es lo que somos. El doctor que únicamente cura es un siervo, mas el que gobierna los poderes de la vida y la muerte es un tirano.

Tenía que hacérselo comprender al hombrecillo moreno que se encontraba al otro lado de la mesa. Martyn pensó que sería capaz de ello. El hombre tenía poder, el poder que representaban millones de lectores, amigos en altos puestos. Pero constituía un auténtico y nada servil amante de la democracia.

El hombrecillo alzó su vaso, lo vació en un repentino y automático gesto. Martyn vio el desplazamiento de su nuez mientras consumía el líquido. Puso el vaso sobre la mesa al tiempo que la suave y rosada luz del bar centelleaba en sus lentes.

—¿Y bien, doctor Martyn? —preguntó. Su voz era frágil y veloz, pero amable. Ese hombre vivía en constante tensión y estaba aclimatado a ella.

Martyn hizo un gesto con su vaso, un lento y gobernado movimiento.

—Primero deseo que vea algo —dijo—. Después hablaremos. Le pedí que viniera aquí por dos razones. Una es que se trata de un lugar apartado; como comprenderá tengo que ser prudente. La otra está relacionada con un hombre que viene aquí cada noche. Su nombre es Ernest Fox; es maquinista, cuando trabaja. Allí en el mostrador. El hombre grueso con chaqueta a cuadros. ¿Lo ve?

Su compañero dio una rápida ojeada en dicha dirección.

—Sí. ¿El de la “merluza”?

—Sí. Tiene razón, está muy bebido. No creo que necesite mucho tiempo.

—¿Cómo es que le sirven?

—Lo verá dentro de un instante —respondió Martyn.

Ernest Fox estaba inclinándose ligeramente sobre el taburete del mostrador. Su colérico rostro aparecía sonrojado, y las ventanas de su nariz se ensanchaban visiblemente a cada inspiración. Sus ojos estaban contraídos, mirando fijamente al hombre de su izquierda, un apagado y minúsculo individuo con un gran sombrero de fieltro.

Súbitamente se enderezó y depositó su vaso con un golpe sobre el mostrador. El líquido se esparció sobre la superficie en una reluciente inundación. El hombre apagado levantó la vista hacia él nerviosamente. Fox le mostró el puño.

Tomado con autorización de *Los mejores relatos de ciencia ficción*. Selección de Groff Conklin, Editorial Bruguera, España, 1973.

El invitado de Martyn seguía observando la escena, tranquilo e interesado.

El rostro del hombre grueso giró bruscamente como si alguien le hubiera hablado. Fijó la vista en algo invisible a quince centímetros de distancia, y su erguido brazo descendió con lentitud. Parecía escuchar. Gradualmente su rostro perdió su ira y se hizo sombrío. Murmuró algo, mirándose las manos. Escuchó de nuevo. Luego se volvió al hombre apagado en ademán de excusa. El pequeño hombre le aceptó la disculpa y se enfrascó en su bebida.

El hombre grueso se hundió otra vez en el taburete, meneando la cabeza y musitando. Después recogió su cambio del mostrador, se levantó y se fue. Su lugar fue ocupado por otro cliente.

—Eso sucede cada noche, sin variación —dijo Martyn—. Por eso le sirven. No hace ningún daño, ni nunca lo hará. Es un buen cliente.

El hombrecillo moreno le miraba con atención.

—Hace año y medio —continuó Martyn—, ningún local le hubiera permitido la entrada, y sus antecedentes policíacos eran tan largos como su brazo. Le gustaba emborracharse, y cuando lo hacía le agradaba organizar peleas. Era más fuerte que él. No tenía cura y aun ahora es incurable. Sigue siendo exactamente el mismo, maniaco, hostil. Sólo que ahora no causa ninguna dificultad.

—Perfectamente, doctor, le creo. ¿Por qué no?

—Posee un análogo —afirmó Martyn—. En un sentido literal, está aún menos sano que antes. Sufre alucinaciones auditivas, visuales y táctiles... en una sucesión completa y planificada. Bastarían para confinarle en un manicomio. Pero esas alucinaciones son provocadas. Fueron introducidas en él, deliberadamente. Y es un aceptable miembro de la sociedad, porque las padece.

El hombre moreno parecía interesado y molestó al mismo tiempo.

—Ve cosas. ¿Qué ve exactamente? ¿Qué significan para él? —preguntó.

—Nadie lo sabe, excepto él mismo. Quizá vea un policía o a su madre tal como la conoció de niño. Alguien al que teme y cuya autoridad reconoce. El subconsciente posee su propio mecanismo para crear esas falsas imágenes, lo único que hacemos es estimularlo... el resto es cosa suya. Creemos que, en general, constituye una advertencia. No hace falta más en la mayoría de los casos. Una palabra de la persona adecuada en el momento conveniente basta para impedir el noventa y nueve por ciento de los crímenes. Sin embargo, en casos extremos, los análogos pueden actuar contra el paciente de forma física... Como le dije, la alucinación es completa.

—Un buen procedimiento.

—Excelente... si se emplea como es debido. Otros diez años y se reducirá vertiginosamente el número de personas recluidas por demencia.

—Se trata, en resumen, de una especie de ángel guardián personal, hecho a la medida.

—Exactamente —confirmó Martyn—. El análogo se ajusta siempre al paciente porque es ese mismo paciente... una parte de su propio cerebro que actúa contra sus propósitos conscientes en cuanto traspan la prohibición que hemos dispuesto. Ni siquiera un hombre excepcional-

mente inteligente podría vencer a su análogo, porque éste posee tanta inteligencia como él. Tampoco representa una ayuda saber que se ha recibido el tratamiento, aunque normalmente el paciente no lo sabe. El análogo, para el paciente, es por completo indiscernible de una persona real, pero carece de todas las debilidades de esta última.

Su interlocutor sonrió burlonamente.

—¿Podría conseguir uno que me impida meterme en interioridades?

Martyn no sonrió.

—Este asunto no es tan divertido como le parece —dijo—. Existe una posibilidad muy real de que pueda conseguirlo dentro de unos diez años. Y ésa es precisamente la catástrofe que deseo me ayude a evitar.

El joven alto de cabello negro salió del lujoso vehículo y penetró airoso en el vestíbulo del hotel. No estaba pensando acerca de lo que iba a hacer; su mente se hallaba alegremente ocupada en la decoración del enorme piso que acababa de alquilar en la zona inferior del East Side. Lo mejor sería colocar los dos divanes a lo largo de una pared y disponer el bar frente a ellos, pensó. O situar la cómoda allí, con un sillón a cada lado.

El pequeño vestíbulo se hallaba desierto, las únicas personas presentes eran el recepcionista tras su minúsculo mostrador y el botones que holgazaneaba junto al ascensor. El joven se adelantó confiadamente.

—¿Sí, señor? —dijo el escribiente.

—Escuche —manifestó el joven—, hay un hombre arriba asomado a una ventana pidiendo ayuda a gritos. Parece enfermo.

—¿Qué? ¿Dónde?

El recepcionista y el botones le siguieron a la calle. El joven señaló hacia dos ventanas abiertas.

—Era una de ésas, las que están en medio del último piso.

—Gracias, señor —dijo el recepcionista.

El joven observó cómo los dos hombres se metían dentro del ascensor. Cuando las puertas se cerraron tras de ellos, entró de nuevo lentamente y miró subir el indicador. Después, por primera vez, bajó la vista en dirección a la alfombra azul que se extendía entre el ascensor y la entrada. Era casi nueva, no se hallaba fijada al suelo, y parecía precisamente del tamaño adecuado. Se inclinó para coger un extremo.

—Suéltela —ordenó una voz.

El joven quedó estupefacto. Era aquel hombre, el mismo hombre que le había detenido ayer en el almacén de muebles. ¿Le estarían vigilando?

Dejó caer la alfombra.

—Cree haber visto una moneda allí debajo —manifestó.

—Ya lo sé —dijo el hombre—. Retírese.

El joven regresó a su lujoso automóvil y se alejó a toda prisa. Sentía frío en su interior. ¿Y si esto le sucedía cada vez que quisiese robar algo...?

El hombre moreno miró sutilmente a Martyn.

—Perfectamente, doctor. Cuénteme el resto de ello. Quiero detalles, no generalidades. No soy un periodista científico.



HARALD VON PAWLKOWSKI-CHOLEWA

—El Instituto —continuó Martyn—, ha dispuesto ya que un cuerpo de administrativos empiecen a trabajar en la primera parte de su programa cuando la legislatura mundial reanude las sesiones este otoño. He aquí lo que desean para empezar: primero, tratamiento analógico para todas las personas culpables de delitos "temporalmente insanas", que sustituya tanto el confinamiento como el castigo. Su argumento es que el verdadero propósito de la sociedad es impedir la repetición del crimen, no castigar.

—Les darán la razón —comentó el hombrecillo.

—Por supuesto. Pero aún no he terminado. Segundo, quieren que el gobierno abogue por una vasta y rápida expansión de servicios analógicos. Su objetivo es restituir ciudadanos útiles a la sociedad, y aliviar el trabajo de los organismos correctivos o punitivos.

—¿Por qué no?

—En efecto... si todo se redujera a eso. Pero no será así. Martyn suspiró profundamente y entrelazó sus largos dedos sobre la mesa. Todo resultaba muy claro para él, aun cuando fuese algo difícil de comprender para un profano... incluso para un especialista. Pero era inevitable, iba a suceder, a menos que él lo impidiese.

—Nuestra mala suerte —prosiguió—, ha hecho que este descubrimiento aparezca en este momento concreto de la historia. Hace sólo treinta años, poco después de la tercera Guerra Mundial, que el problema del desgaste de nuestros recursos humanos llegó a adquirir caracteres tan agudos que ya no pudo permanecer ignorado. Desde entonces se han conseguido numerosos progresos, apoyados por la opinión pública. Nuevos códigos de edificación para las grandes ciudades, nuevas leyes de velocidad, limitación del contenido alcohólico del vino y el licor, etcétera. El tratamiento analógico significará la culminación.

—Personalidades competentes han estimado que ésta alcanzará su punto máximo dentro de los próximos diez años. Entonces el Instituto estará dispuesto para llevar a cabo la segunda etapa de su programa. Esto es: primero, tratamiento analógico obligatorio para todos los ciudadanos mayores de siete años contra actos de violencia.

El periodista pareció impresionado.

—Por vida de... —dijo—. ¿Hasta ese extremo?

—Sí. Eliminarán completamente toda posibilidad de una nueva guerra, al igual que nuestro problema policíaco.

El hombre silbó admirativamente.

—Segundo —siguió Martyn—, tratamiento analógico obligatorio para todos los candidatos a cargos públicos contra todas las formas de corrupción. Esto librará al sistema democrático de imprudencias, y para siempre.

El hombre moreno dejó caer su lápiz.

—Doctor Martyn —dijo—, me está confundiendo. Soy amante de la libertad, pero tiene que haber algún medio para impedir que nuestra raza se autoextermine. Si este tratamiento logra lo que usted dice, no importa que viole los derechos civiles. Deseo seguir viviendo, y quiero que mis nietos —a propósito, tengo dos—, lo hagan también. A menos que exista un truco que no me haya contado, yo estoy a favor.

Martyn le replicó con severidad.

—Ese tratamiento es como unas muletas. No constituye una terapia, no cura al paciente de nada. En realidad, como ya expliqué antes, no lo hace más sano, sino menos. Las causas de su comportamiento irracional o antisocial permanecen, se hallan sólo reprimidas... temporalmente. No pueden jamás manifestarse del mismo modo, eso es cierto; hemos construido un muro a través de ese cauce particular. Pero se manifestarán de algún otro modo, más pronto o más tarde. Cuando una inundación se extiende hacia una nueva dirección ¿qué se hace?

—Construir un dique.

—Exactamente —aseveró Martyn—. ¿Y después? Otro, y otro, y otro...

—¿Es un completo error!

Nicholas Dauth, con toda tranquilidad, miró fija y acariciadoramente a la peña que unos caballetes sustentaban entre la casa y el huerto. Era un trozo de granito de Nueva Inglaterra, marcado aquí y allá con trozos de yeso.

Había permanecido allí durante ocho meses, y aún no había sido tocada por un cincel.

El sol era cálido en su espalda. El aire se hallaba en calma; únicamente la ocasional insinuación de una brisa ri-

zaba las copas de los árboles. Tras él podía oír el tintinear de los platos en la cocina, y más allá la voz clara de su esposa.

Había existido una forma oculta en la piedra. Cada piedra tenía un ser latente, y al esculpirla, parecía que no se hiciese otra cosa que ayudarlo a nacer.

Dauth podía recordar la silueta oculta en ella: una mujer y un niño... la mujer arrodillada, medio inclinada sobre el niño en su regazo. El equilibrio de las masas le había dado gracia y autoridad, y el espacio libre le confería movimiento.

Podía recordarla, pero ya no podía verla.

Su brazo y costado derechos sufrieron un rápido y corto espasmo doloroso mientras duró. Fue como el esquema de una acción: su caminata, la búsqueda de whisky... el encuentro con el guardia que no le permitía beber, el regreso. Todo ello se había comprimido ahora en un espasmo, una especie de tic. Ya no bebía, no intentaba beber. Pero soñaba, pensaba en ello, sentía el abrasante dolor en su garganta e intestinos. Sin embargo, no lo intentaba. Era simplemente inútil.

Miró otra vez a la piedra sin forma, por un instante, no pudo recordar ni siquiera lo que contenía. El tic apareció otra vez. Dauth experimentó un sentimiento de opresión intolerable en su interior, de algo reprimido que exigía salida.

Fijó la vista en dirección a la piedra, y vio cómo la forma soñada se desvanecía lentamente a lo lejos, dentro de un difuso mar gris; luego nada.

Se volvió sofocadamente hacia la casa.

—¡Martha! —llamó.

Le contestó el repique de la vajilla.

Dio un traspié hacia delante, manteniendo sus brazos lejos de su cuerpo.

—¡Martha! —gritó—. ¡Estoy ciego!

—Dígame si estoy equivocado —solicitó el periodista—. Me parece que su único problema serían los casos mentales auténticos, las personas que verdaderamente padezcan alucinaciones intensas. Según usted, son las únicas que deberían seguir el tratamiento. Ahora bien, el hombre medio no siente ningún apremio de matar, o robar, o lo que sea. Quizá sufre esa tentación, una vez en su vida. Si alguien le detiene, en ese preciso momento ¿puede perjudicarlo?

—Durante un minuto o dos, habrá estado loco —respondió Martyn—. Pero estoy de acuerdo con usted en que si el procedimiento atrae tales tendencias, resultaría especialmente perjudicial. En el Instituto existe el convencimiento de que será plenamente efectivo y están equivocados, trágicamente equivocados. Porque existe una medida que el Instituto no ha incluido en su programa, y que sería la primera que cualquier jurista del mundo trataría de aplicar. *El tratamiento contra cualquier intento de derrocar al gobierno.*

El hombre moreno permanecía silencioso.

—De ahí —concluyó Martyn—, sólo hay un paso a la tiranía por los siglos de los siglos.

El otro hizo un gesto afirmativo con la cabeza.

—Tiene usted razón —admitió—. Toda la razón. ¿Qué desea que haga?

—Reúna fondos —dijo Martyn—. Hasta ahora el Instituto ha sido financiado casi enteramente por los mismos miembros. Nos basta operar sobre una escala mínima y extendernos muy lentamente, abriendo un nuevo centro al año. Si nos ofrece una contribución caritativa de medio millón —deducible de los impuestos, claro está—, la aceptaremos. La trampa es la siguiente: los donantes, en justa correspondencia por una contribución de esta magnitud, solicitan el privilegio de elegir tres miembros para la junta directiva del Instituto. No habrá ninguna objeción en contra, mientras mi vinculación con los donantes sea mantenida en secreto, porque tres votos no significan un control absoluto. No obstante, bastarán para darme la mayoría en la segunda etapa del programa del Instituto... Nos enfrentamos con una epidemia. Dentro de unos cuantos años nada podrá detenerla. Pero si se actúa ahora, la venceremos, la venceremos, mientras sea todavía lo suficientemente pequeña para dominarla.

—No está mal —dijo el hombre moreno—. No voy a prometerle medio millón para mañana, pero conozco a unas cuantas personas dispuestas a contribuir si les explico el motivo. Haré lo que pueda. Le conseguiré el dinero, aunque tenga que robarlo. Puede contar conmigo.

Martyn sonrió afectuosamente, y detuvo al camarero mientras pasaba junto a él.

—No, pago yo —dijo, adelantándose al gesto del hombrecillo—. Me pregunto si es usted consciente del peso que me ha quitado de encima.

Pagó, y salieron caminado con lentitud bajo la cálida noche de verano.

—Ahora que recuerdo —dijo Martyn—, existe una respuesta a un punto que mencionó de pasada, el de que el punto débil del tratamiento son los casos verdaderamente compulsivos, en los que resulta más necesario. Hay medios de resolver esto, aunque el tratamiento sigue sin hacerlo. Son como unas muletas, y nada más. Por ejemplo, recientemente hemos desarrollado una técnica en que el análogo no aparece como un guardián, sino como el objeto del ataque... Si lo hay. De ese modo, el paciente se alivia en lugar de reprimirse aún más, no daña a nadie más que a un fantasma.

—Será una gran cosa para la humanidad —manifestó muy digno el hombrecillo—, pero pudo resultar algo terrible de no ser por usted, doctor Martyn. ¡Buenas noches!

—Buenas noches —respondió agradecidamente. Observó cómo su compañero desaparecía entre la multitud, después se encaminó hacia el Instituto. Era una noche maravillosa, y no tenía ninguna prisa.

El camarero silbó en voz baja, tan inconsciente de la antagónica melodía que interpretaba el combo como lo estaba del aire que respiraba. Filosóficamente, tomó las dos bebidas intactas que permanecían en un extremo de la mesa y las ingirió una tras otra.

Si un individuo bien vestido, de aspecto elegante como aquél deseaba sentarse solo toda la noche, hablando y pagando bebidas a alguien que no se hallaba allí, ¿qué había de malo en ello?

Nada en absoluto, se dijo el camarero.

ORGANIZACION DE LOS ESTADOS AMERICANOS
LA SUBSECRETARIA DE COOPERACION PARA EL DESARROLLO Y
LA FUNDACION ALEXANDER VON HUMBOLDT DE LA
REPUBLICA FEDERAL DE ALEMANIA

OFRECE BECAS

BECAS DE INVESTIGACION HUMBOLDT, PEC 1.599-K (60D58050)
LUGAR: Instituciones de la República Federal de Alemania

Fecha de inicio: Marzo 1980; agosto 1980; noviembre 1980
Idioma: Alemán (se aceptará el idioma inglés para candidatos en Ciencias Naturales)

Duración: De 6 a 24 meses
Número de becas: 15

INFORMACION

La Fundación Alexander von Humboldt fue establecida en 1860 en memoria del naturalista Alexander von Humboldt. En 1925 se convirtió en una Fundación independiente con financiamiento gubernamental. Actualmente la sede de la Fundación está ubicada en Bonn.

La Fundación otorga becas a jóvenes con preparación académica y altamente calificados en su campo para permitirles llevar a cabo proyectos específicos de investigación en la República Federal de Alemania. Las becas tienen una duración de seis meses a dos años (24 meses) para investigación en cualquier campo. Si fuera esencial para la culminación del proyecto, se podrá llevar a cabo hasta cuatro meses de investigación en alguna institución de otro país europeo. El candidato debe elegir el lugar de la investigación. La Fundación podrá ayudar al candidato a hacer los contactos necesarios si no se hubieran establecido antes de presentar la solicitud.

El formulario de solicitud de la Fundación se podrá obtener, llenar y presentar a través de las misiones diplomáticas de la República Federal de Alemania en los países miembros de la OEA. El formulario de solicitud de beca de la OEA se obtendrá en las Oficinas de la Secretaría General de la OEA en cada país y deberá presentarse a través de los canales oficiales establecidos por cada Gobierno.

REQUISITOS PARA POSTULAR

1. Ser ciudadano o residente permanente de un país miembro de la OEA. Los residentes deberán enviar copia de la visa.
2. Tener un grado académico equivalente al doctorado alemán o calificaciones académicas comparables obtenidas por medio de investigaciones, docencia y publicaciones.
3. Tener experiencia en la enseñanza o investigación independiente en una universidad.
4. Ser menor de 40 años de edad.
5. Tener conocimiento adecuado del idioma alemán (se aceptará el idioma inglés para los postulantes en el campo de Ciencias Naturales) (el certificado de idioma alemán se podrá obtener de la misión diplomática alemana).
6. Tener aptitud física para desempeñar las obligaciones de la investigación (certificado médico).
7. a) Preparar un plan de trabajo detallado, describiendo el trabajo académico que se llevará a cabo en la institución alemana, métodos y propósitos del proyecto de investigación, trabajo previo que se ha realizado en el campo. Los científicos en Ciencias Naturales e ingenieros deberán discutir el plan con la institución alemana para asegurarse que las facilidades existen.
b) Preparar una breve reseña del proyecto indicando objetivo, en forma concisa y clara.
8. Preparar lista de publicaciones académicas.
9. Preparar currículum vitae a máquina.
10. Dos referencias confidenciales en sobres sellados.

Notas para preparar la solicitud:

1. La solicitud de la Fundación: copia certificada del título y de las calificaciones; para la OEA una simple fotocopia.
2. La solicitud de la Fundación: 2 copias del plan de investigación detallado (7(a)); 2 copias de la lista de publicaciones; 2 copias del currículum vitae; 2 copias de las cartas de referencia.
3. Requisitos en los numerales 7(a), 8, 9 y 10 son para la solicitud de la Fundación solamente, no para la de la OEA (OAS Form 98).

IMPORTANTE: La solicitud de beca deberá llenarse en idioma inglés.

SOLICITUD DE BECAS Y OTRAS INFORMACIONES

Los formularios (OAS Form 98) "Solicitud de Beca" y (OAS Form 345) "Instrucciones para la presentación de Solicitudes de Becas" se obtienen de las Oficinas de la Secretaría General de la OEA en los Estados miembros. Las becas incluyen los siguientes beneficios:

La OEA paga el pasaje de ida y vuelta, aéreo, clase económica, entre el lugar de residencia y el de investigación. La Fundación Alexander von Humboldt paga un estipendio mensual de 1,900 a 2,600 marcos alemanes (se pagará subsidio familiar si la familia del becario lo acompañara por lo menos un mínimo de tres meses); si fuera necesario el becario recibirá entrenamiento en el idioma alemán hasta por un período de cuatro meses.

IMPORTANTE: La solicitud completa, en triplicado, y documentación pertinente deberá presentarse a la entidad de apoyo oficial designada por el gobierno, con suficiente antelación para que pueda ser recibida en la Secretaría General de la OEA en Washington, D. C., antes del: 28 de septiembre de 1980; * 31 de enero de 1980; * 20 de abril de 1980 * fechas de cierre del concurso internacional.

LAS SOLICITUDES INCOMPLETAS EN LA FECHA DE CIERRE DEL CONCURSO NO SERAN CONSIDERADAS

SECRETARIA GENERAL DE LA OEA, Subsecretaría de Cooperación para el Desarrollo / Oficina de Operaciones de Servicios Directos, Washington, D. C., 20006.

* Presentación de ambas solicitudes.

Ciencia y tecnología en el

FONDO DE CULTURA ECONOMICA

• **NOVEDAD** •

Jorge Rabinovich
Gonzalo Halffter
(compiladores)

Tópicos de ecología contemporánea

Este libro reúne nueve estudios de avanzada en la ecología de nuestro tiempo

Un libro de
ISAAC ASIMOV

LA TIERRA

Nuestra sobrepoblada nave espacial



Isaac Asimov es ampliamente conocido por sus amenos libros de divulgación científica. En ésta su más reciente obra, Asimov considera que La Tierra es una nave espacial con recursos limitados e irremplazables. Analiza el crecimiento de la población frente a la disponibilidad de los recursos, y llega a conclusiones verdaderamente interesantes, para estudiantes y maestros en toda la gama de las ciencias sociales.

Pídalo en librerías o directamente en:

EDAMEX

Angel Urraza 1322,
México 12, D. F.
Precio: \$ 80.00

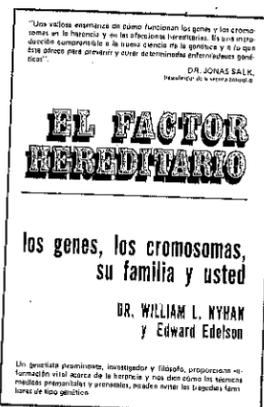
Todo lo que usted desea saber acerca de

LA HERENCIA

explicado por el Dr.

WILLIAM L. NYHAN

Premio Nobel de Medicina



La Genética, o ciencia de las variaciones entre individuos de la misma especie, es una de las disciplinas más jóvenes de la Biología y, por eso, de las que avanzan a pasos agigantados en comparación con las demás ciencias. El libro del Dr. Nyhan contiene los más recientes hallazgos en este campo, y constituye una herramienta de trabajo muy importante para la profesión médica.

Pídalo en librerías o directamente en:

EDAMEX

Angel Urraza 1322,
México 12, D. F.
Precio: \$ 160.00

LIBROS PUBLICADOS POR EL COLEGIO NACIONAL

Doctor Isaac Ochoterena:
ESTUDIO BIOLÓGICO DE LOS ÓRGANOS DE LOS SENTIDOS.

Doctor Ezequiel A. Chávez:
GLOSARIO E ÍNDICE BIOGRÁFICO DE LA OBRA "¿DE DÓNDE VENIMOS Y ADÓNDE VAMOS?"

Doctor Manuel Toussaint:
LA CONQUISTA DE PÁNOCO.

Doctor Silvio Zavala:
AMÉRICA EN EL ESPÍRITU FRANCÉS DEL SIGLO XVIII.

LA OBRA DE ENRIQUE GONZÁLEZ MARTÍNEZ
(Homenaje del Colegio Nacional en su 80° aniversario).

EL COLEGIO NACIONAL A ALFONSO REYES
en su cincuentenario de escritor.

Doctor Alfonso Reyes:
ESTUDIOS HELENICOS.

Doctor Alfonso Reyes:
LA AFICIÓN DE GRECIA.

Doctor Ignacio González Guzmán:
CITOFISIOLOGÍA DE LA INMUNIDAD.

Doctor Manuel Martínez Báez:
FACTORES ECONÓMICOS, CULTURALES Y SOCIALES EN LA GÉNESIS DE LAS LLAMADAS ENFERMEDADES TROPICALES.

Doctor Edu. do García Máynez:
EL PROBLEMA DE LA OBJETIVIDAD DE LOS VALORES.

Doctor Enrique González Martínez:
OBRAS COMPLETAS.

Licenciado Alfonso García Robles:
LA PROSCRIPCIÓN DE LAS ARMAS NUCLEARES EN LA AMÉRICA LATINA.

Licenciado Alfonso García Robles:
LA CONFERENCIA DE REVISIÓN DEL TRATADO SOBRE LA NO PROLIFERACIÓN DE LAS ARMAS NUCLEARES.

Doctor Jesús Kumate:
LA SALUD DE LOS MEXICANOS Y LA MEDICINA EN MÉXICO.

Doctor Silvio Zavala:
ORÍGENES DE LA COLONIZACIÓN EN EL RÍO DE LA PLATA.

Doctor Rubén Bonifaz Nuño:
LOS REINOS DE CINTIA SOBRE PROPERCIO.

MEMORIA anual del Colegio Nacional,
números de 1955 a 1977 (de 1946 a 1954, agotados).

Doctor Ignacio Chávez:
HUMANISMO MÉDICO, EDUCACIÓN Y CULTURA I-II

Doctor Bernardo Sepúlveda editor
Seminario sobre educación superior

de venta en su edificio y en las principales librerías:

SECRETARÍA DE PATRIMONIO Y FOMENTO INDUSTRIAL. DIRECCIÓN GENERAL DE INVENCIONES Y MARCAS

Con motivo de que el 11 de febrero de 1976 entró en vigor la Ley de Invenciones y Marcas, todos los titulares de PATENTES DE INVENCION, DE MEJORAS, DE MODELO, REGISTROS DE MODELOS Y DE DIBUJOS INDUSTRIALES, de acuerdo con lo dispuesto por los artículos 41, 42, 43, 48, SEXTO TRANSITORIO y 85 de la propia Ley, deben comprobar la explotación efectiva de los mismos.

El vencimiento para cumplir con este mandato es como sigue:
LAS PATENTES DE INVENCION, DE MEJORAS Y DE MODELOS, CONCEDIDAS CON BASE EN LA DEROGADA LEY DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL, TIENEN UN PLAZO QUE VENCERÁ EL 11 DE FEBRERO DE 1980.

De no comprobarse dicha explotación en los periodos citados, los registros de patentes, modelos y dibujos industriales, caducarán y caerán bajo el dominio público de acuerdo con los artículos 48, 198, SEXTO TRANSITORIO y 85 de la Ley de Invenciones y Marcas.

LAS PATENTES DE INVENCION Y DE MEJORAS Y LOS REGISTROS DE MODELOS Y DIBUJOS INDUSTRIALES, CONCEDIDOS CON BASE EN LA LEY VIGENTE, TIENEN UN TERMINO QUE VENCERÁ TRES AÑOS DESPUES DE LA FECHA DE EXPEDICION DEL TITULO RESPECTIVO, CON PLAZO DE GRACIA DE UN AÑO. EJEMPLO: Patente con fecha de expedición 30 de septiembre de 1976. El vencimiento para comprobar la explotación es el 30 de septiembre de 1979, con un término de gracia de un año, que vencerá el 30 de septiembre de 1980.

Si no se comprueba la explotación, esta Dirección General podrá conceder LICENCIAS OBLIGATORIAS a terceros, siempre que lo soliciten en los términos de Ley.

En los casos afectados por el Convenio de París y para obtener información amplia sobre este aviso, los interesados deberán acudir a nuestras oficinas ubicadas en Buen Tono No. 8, México 1, D. F. o llamar al Tel. 585-73-22 Exts. 112, 116, 118 o 120.

Una
revista
multidisciplinaria
de
América
para
el
mundo

acta científica venezolana

ASOCIACION VENEZOLANA

PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA



Publicada desde 1951, *Acta Científica Venezolana*, constituye un medio seguro de difusión de la literatura científica de la región.

Acta Científica Venezolana publica artículos en castellano, inglés, portugués o francés. El sumario bilingüe permite la cita inmediata en "current contents" ("Life Sciences"), "Science Citation Index", etc.

Un resumen en inglés asegura la difusión de los artículos en las más importantes revistas de resúmenes como Chemical Abstracts, Biological Abstracts, Index Medicus, Physical Reviews, Mathematical Reviews, etc.

Para envío de trabajos y solicitud de suscripciones, dirigirse a:

Vidal Rodríguez Lemoine
Editor
Edificio FundaVAC-AsoVAC,
Avenida Neverí, Colinas de Bello Monte,
Apartado de Correos 61843,
Caracas, Venezuela.

SUSCRIPCION ANUAL

Bs. 200,00 para Bibliotecas Nacionales.
US\$ 20,00 para Bibliotecas Extranjeras,
US\$ 10,00 para suscriptores individuales fuera de Venezuela.
Bs. 120,00 Cuota Miembros de AsoVac.
Bs. 100,00 para no miembros de AsoVac.

Nombre: _____

Dirección: _____

ACTA CIENTIFICA VENEZOLANA es una revista multidisciplinaria que considera, para su publicación, trabajos originales en cualquier área de la ciencia. Un artículo describe un estudio completo y definitivo. Una nota un proyecto completo, pero más corto, que se refiere a hallazgos originales o importantes modificaciones de técnicas ya descritas. Un ensayo trata aspectos relacionados con la ciencia pero no está basado en resultados experimentales originales. Una revisión es un artículo solicitado por invitación de la comisión editora y comenta la literatura más reciente sobre un tema especializado.

Los manuscritos deben ser enviados por triplicado al Editor, quien los someterá a revisión crítica de dos árbitros; el investigador podrá solicitar que uno o ambos árbitros estén radicados en el extranjero. La aceptación de los manuscritos está basada sobre el contenido científico y sobre la presentación del material. Se aceptarán trabajos escritos en castellano, portugués, inglés, francés. Los manuscritos enviados para publicación deben ser concisos y correctos en su estilo y en el uso de abreviaturas. El hecho de someter un trabajo implica que el mismo no es ni ha sido presentado a otra revista científica.

Los trabajos deben ir acompañados de un resumen en español y un abstract en inglés, escrito a doble espacio y en hojas separadas, encabezados por el título completo del trabajo traducido al español y al inglés en cada caso. El autor debe también indicar un título más breve, en el mismo idioma del trabajo, para ser utilizado como encabezamiento de cada página (*running head*). Las figuras y fotografías deben identificarse en el reverso a lápiz con el número que le corresponde y el nombre del primer autor y título del trabajo. Debe presentarse una lista de figuras junto con las leyendas de cada una, mecanografiadas a doble espacio en hojas separadas del artículo. Cada tabla debe también presentarse en hoja aparte. En general recomendamos a los autores acompañar el texto del trabajo con una lista, o listas, de todos los anexos: figuras, fotografías, tablas, etc. Las referencias deben estar ordenadas alfabéticamente o por orden de aparición en el texto y estar directamente relacionadas con el contenido del artículo.

Para asegurar un mínimo retardo en la consideración de su manuscrito, se aconseja prepararlo de acuerdo a las normas para los autores que se pueden solicitar por escrito a la Comisión Editora.

Descubriendo el universo

POR CHRISTINE ALLEN, JOSE DE LA HERRÁN Y ARCADIO POVEDA

UN PASEO POR LOS CIELOS DE ENERO Y FEBRERO

El Catalogo Messier

Todos los interesados en la astronomía hemos oído hablar de los objetos Messier, en efecto, entre ellos encontramos nebulosas, galaxias, cúmulos estelares y en general todos aquellos cuerpos celestes ajenos al Sistema Solar y que no son estrellas.

Charles Messier era un apasionado descubridor de cometas, desde el observatorio de su casa en Clunys, París, pudo descubrir entre 1750 y 1784 un total de 24 de estos cuerpos celestes.

Con frecuencia, en sus diarias observaciones, se topaba con alguna nebulosidad que, después de observarla cuidadosamente algunos días, encontraba que no se movía respecto a las demás estrellas en el campo de su telescopio. Al no cambiar este objeto de posición, lo descartaba como cometa, anotando sus coordenadas y su brillo en una lista que, para 1774, contaba ya con 45 objetos y que publicó con el fin de que otros astrónomos no perdieran el tiempo en determinar sus idiosincrasias; en 1784, la lista había crecido hasta 104 objetos y actualmente forma el famoso Catalogo Messier, con 6 objetos más, añadidos posteriormente por el astrónomo Mechain.

Es cuidadoso hacer notar que este catálogo, que contiene los objetos más bellos del cielo, lo hiciera Messier para excluir los de sus observaciones, y que tanto el objeto Messier 40 (M 40) como el M 90 no son observables.

Al comenzar el año podemos observar, entre otros, los objetos Messier que se enumeran en el cuadro que aparece en la página 103. De este, uno de los objetos más interesantes es la gran nebulosa gaseosa de Orión (M 42), al centro del grupo de tres estrellas alineadas que forman la espada pendiente en el cinturón del famoso gigante cazador, y el más fácil de localizar es sin duda las Pléyades, grupo de estrellas muy conocido en México como las Siete Caballitas, en la Constelación de Taurus.

La mayoría de los objetos del Catalogo Messier se aprecian perfectamente con un pequeño telescopio o unos binoculares, pues se encuentran comprendidos entre las

magnitudes 4a y 9a. El resto son más débiles, llegando hasta la 12a magnitud, para estos se requiere un telescopio de más de 10 cm de diámetro. En todos los casos, conviene observar con poco aumento, resultando automáticamente un mayor campo angular de visión.

En este bimestre, tanto Mercurio como Venus se aproximan a su conjunción superior (esto es, detrás del Sol) que ocurre a fines de febrero. Marte se encuentra en oposición el 25 del mismo mes, estando en la constelación de Leo cerca de la estrella Regulus. Júpiter, muy brillante, se aproxima a su oposición, por lo que resulta un bello espectáculo aun con binoculares, encontrándose próximo a Marte. Saturno con su anillo casi de perfil es observable en la constelación de Leo. Urano se halla en Scorpius, Neptuno en Sagittarius y Plutón, ahora más cerca de la Tierra que Neptuno, en la constelación de Libra.

Las principales lluvias de estrellas son las Cuadrántidas, cuya radiante se encuentra en la constelación de Bootes (el Boyero) con su máximo los días 3 y 4 de enero a media noche, su velocidad media es de 41,5 km/seg. Estas son numerosas, débiles y muy azules.

FASES DE LA LUNA

				
	Llena	Menguante	Nueva	Creciente
	Día/hora	Día/hora	Día/hora	Día/hora
Enero	2/03	10/05	17/16	24/09
	31/20			
Febrero		9/02	16/03	22/19

MAGNITUDES ESTELARES

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

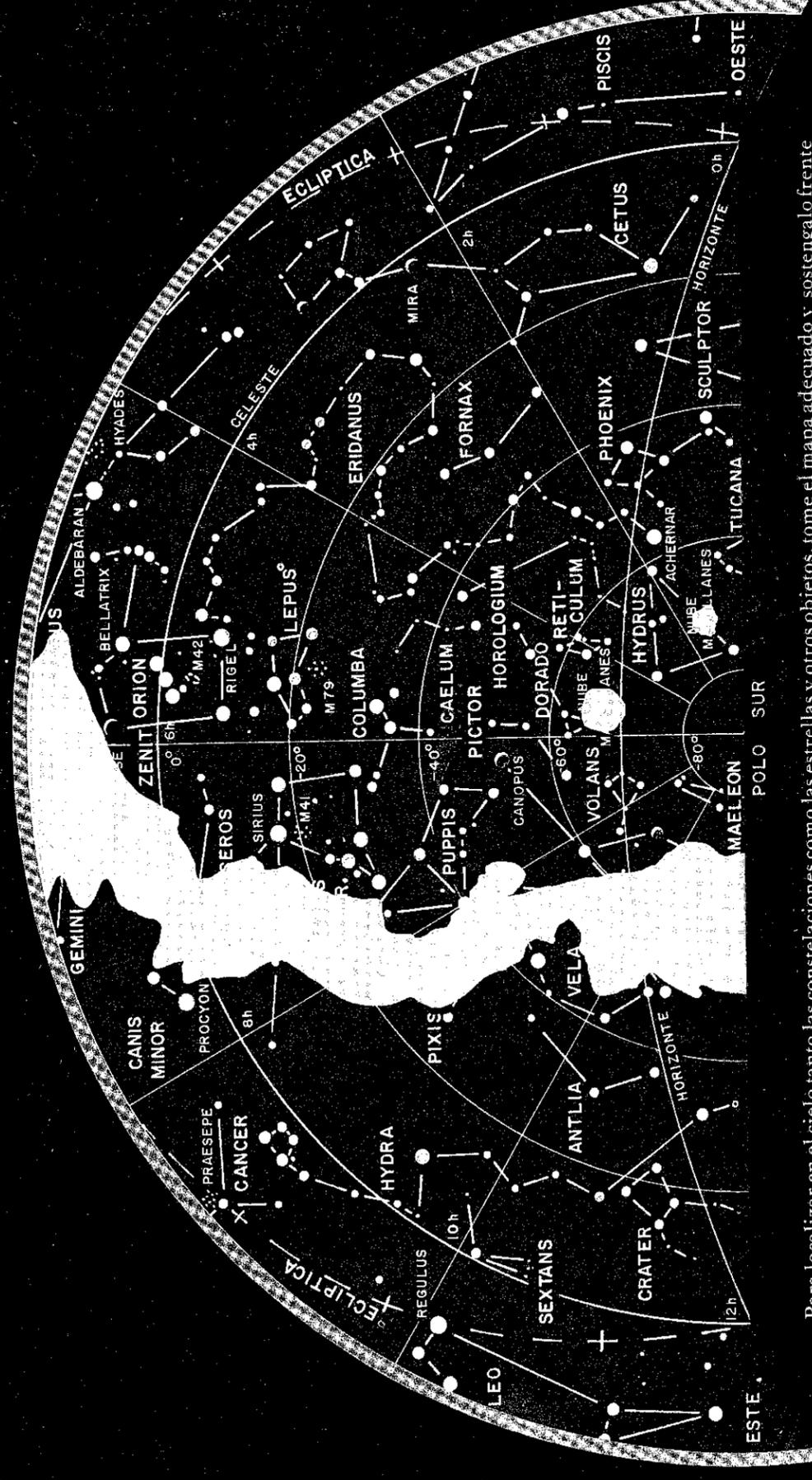
Mapas celestes

HEMISFERIO NORTE

Aspecto del cielo
Enero 22 a las 22 hrs.
Febrero 22 a las 20 hrs.



HEMISFERIO SUR



Para localizar en el cielo tanto las constelaciones como las estrellas y otros objetos, tome el mapa adecuado y sostengalo frente a usted en posición vertical y con su polo hacia el correspondiente de la Tierra; observe en el mapa el objeto deseado y mire hacia el cielo en la dirección equivalente. Procure tomar estrellas y constelaciones cercanas a él para ayudarse como referencia en su localización.

Las Pléyades

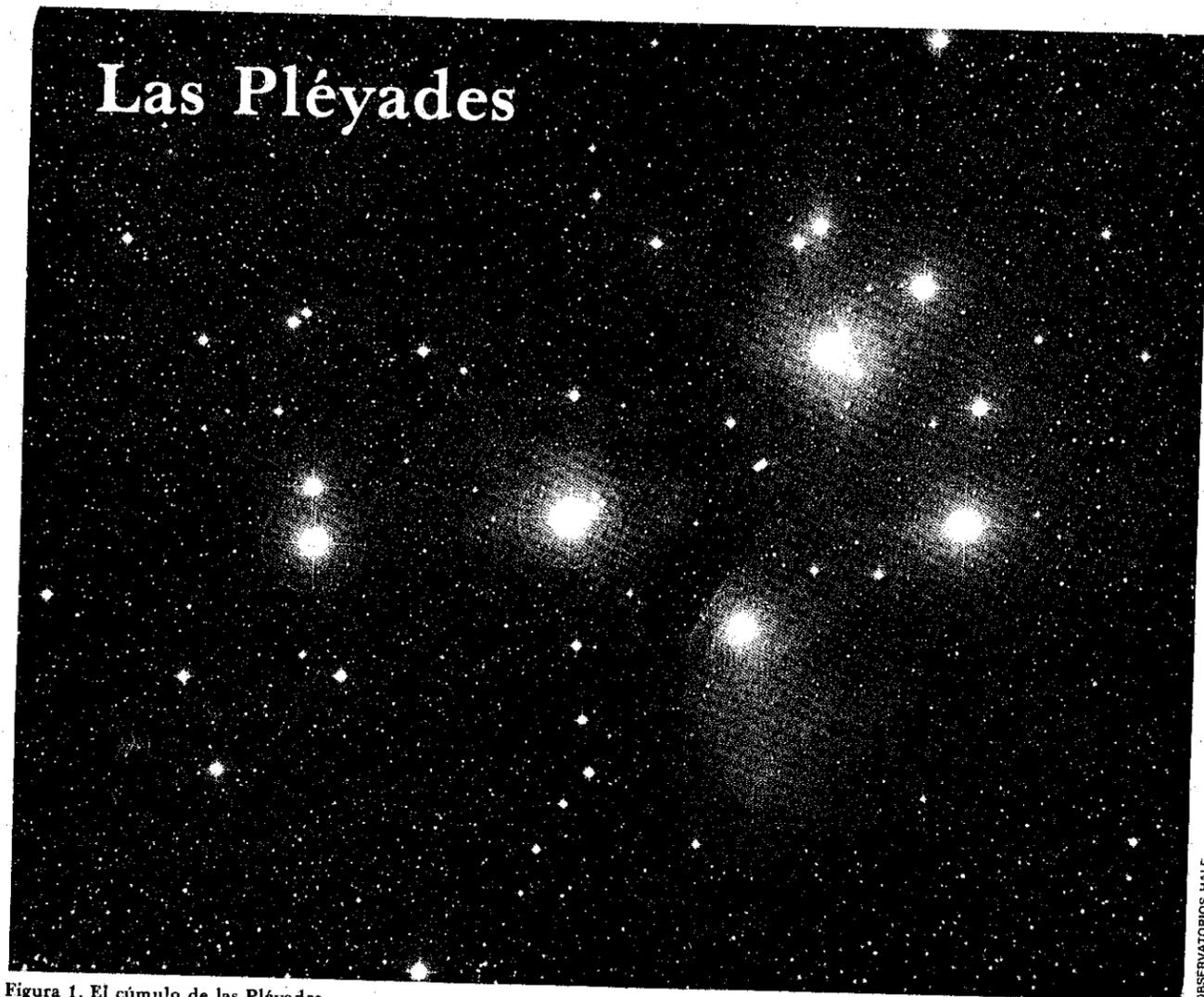


Figura 1. El cúmulo de las Pléyades

En la constelación de Taurus, visible durante los meses de invierno, se distingue fácilmente el grupo de estrellas denominado las Pléyades (o Siete Cabrillas). Este notable enjambre estelar ha llamado la atención y estimulado la curiosidad humana desde tiempos inmemoriales; ya Hesíodo, poeta griego del siglo XIII antes de nuestra era, se refiere a ellas en sus relatos. La mitología griega las representa como las siete hijas que tuvo el dios Atlas con Pleione, de nombres Alcione, Maya, Electra, Merope, Taygete, Celeno y Asterope, las cuales, perseguidas por el cazador Orión, se convirtieron en estrellas. Sin restarle belleza a la leyenda, hay que reconocer que se necesita una buena dosis de imaginación para vi-

sualizar a las Pléyades como un grupo de espantadas doncellas huyendo eternamente de Orión (véanse los mapas celestes). No es claro, por otra parte, que sean en realidad siete las estrellas visibles a simple vista; la mayoría de la gente ve solamente seis, aunque algunas personas de extraordinaria agudeza visual han podido distinguir hasta una docena. Así, Moestlin en 1579, antes de la invención del telescopio, dibujó correctamente 11 estrellas, y Kepler distinguió 14 de ellas. Con ayuda de unos binoculares, o de un telescopio pequeño, se puede observar un número mucho mayor, como nuestros lectores podrían comprobar fácilmente. Es interesante recordar que en 1609 Galileo fue el primero en observar las

Pléyades con el entonces recién inventado telescopio, y que logró distinguir 43 estrellas.

En la actualidad sabemos que las Pléyades constituyen un cúmulo de más de 500 estrellas, que parecen estar inmersas en material brillante (véase figura 1). Las estrellas más luminosas del grupo son de color blanco azulado, las más débiles son rojizas. El estudio detallado de la relación entre la luminosidad y el color de las estrellas de las Pléyades (el llamado "diagrama color-magnitud") ha sido muy fructífero y ha dado información sobre la edad del cúmulo, su distancia a nosotros y la composición química de sus estrellas, entre otras cosas. Sabemos así que las Pléyades son un cúmulo relativamente

joven (su edad es de alrededor de 30 millones de años), y que la fuente de energía de la gran mayoría de las estrellas del cúmulo es la transmutación, en el centro de ellas, del hidrógeno en helio, mediante reacciones termonucleares de fusión.

Estos conocimientos se los debemos al hecho de que ha sido posible trazar sobre el diagrama color-magnitud la trayectoria evolutiva de las estrellas —su ciclo vital, por así decirlo— desde su formación hasta sus últimas etapas. El estudio de las Pléyades, al igual que el de otros cúmulos estelares, presenta importantes ventajas sobre el de un conjunto arbitrario de estrellas: como los cúmulos son grupos físicos, puede suponerse que todas las estrellas pertenecientes al grupo tienen un origen común y, por ende, la misma edad y composición química; además, puede considerarse que todas están a la misma distancia de nosotros, puesto que el diámetro del cúmulo es pequeño respecto a la distancia que nos separa de él (el cúmulo de las Pléyades tiene un diámetro de 35 años-luz, y se encuentra a una distancia de 400 años-luz). Por estas razones, los diagramas color-magnitud de los cúmulos estelares y las trayectorias evolutivas de sus estrellas se conocen con una precisión mucho mayor que los de las estrellas que no pertenecen a ellos.

Además de estrellas, el cúmulo de las Pléyades contiene material luminoso, que es particularmente notable alrededor de la estrella Merope (véase figura 5). En la actualidad, sabemos que este material está constituido principalmente de polvo. En efecto, al obtener el espectro del material luminoso cercano a Merope (haciendo pasar a través de un prisma la luz que de él recibimos) se ha observado que es idéntico al de la estrella y muy distinto al emitido por un gas caliente (se observan líneas oscuras de absorción sobre un fondo brillante, en vez de las líneas brillantes de emisión características de un gas ionizado). Esto nos lleva a concluir que el material luminoso, situado entre las estrellas, simplemente dispersa la luz de éstas, dirigiéndola hacia nosotros. En otras palabras, el material luminoso entre las estrellas forma una nebulosa de "reflexión".



Figura 2. La constelación de Taurus (el Toro), según la *Uranometria* de Bayer. Este libro fue publicado en 1603. Los grabados son de A. Dürero

La observación de la polarización de la luz de la nebulosa ha corroborado la existencia de polvo. En la actualidad, sabemos que el polvo dispersa un 60% de la luz que sobre él incide (valor comparable al de la reflectividad de la nieve) e inferimos que el tamaño de las partículas debe ser muy pequeño (del orden de dos diezmilésimas de milímetro). Las partículas mismas posiblemente sean de grafito, o de hielo con impurezas. Un problema interesante que aún subsiste es explicar el origen de la nebulosa de "reflexión". ¿Es un residuo de la ne-

bulosa original de la cual se formaron las Pléyades? ¿O ha sido producida después, por las mismas estrellas? Muchos astrónomos se inclinan por esta última alternativa; la razón de ello es que un gran número de estrellas en las Pléyades están en rápida rotación, lo cual causa que ocasionalmente arrojen al espacio el material de sus capas externas. Este fenómeno es observable desde la Tierra como un abrupto cambio en el espectro de la estrella, y se ha detectado en Pleione y en otros miembros del cúmulo. El material arrojado podría formar la

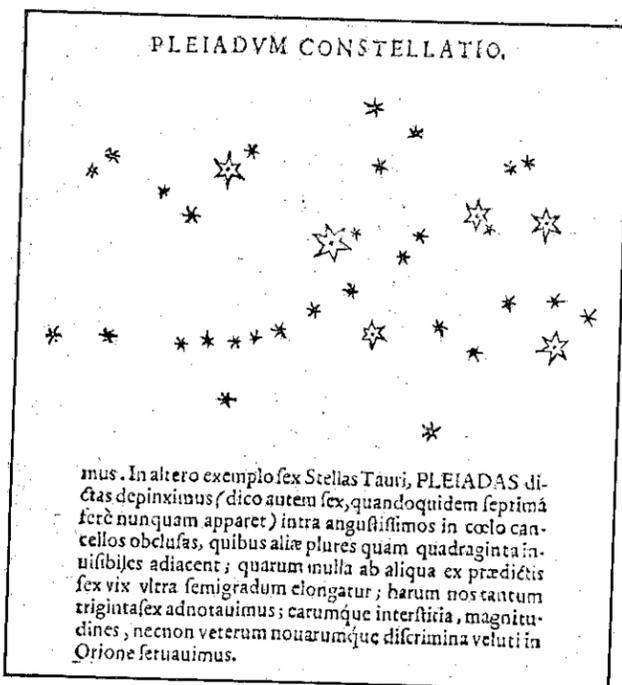


Figura 3. El cúmulo de las Pléyades, según lo dibujó Galileo en el Mensajero Sideral, aparecido en 1610.

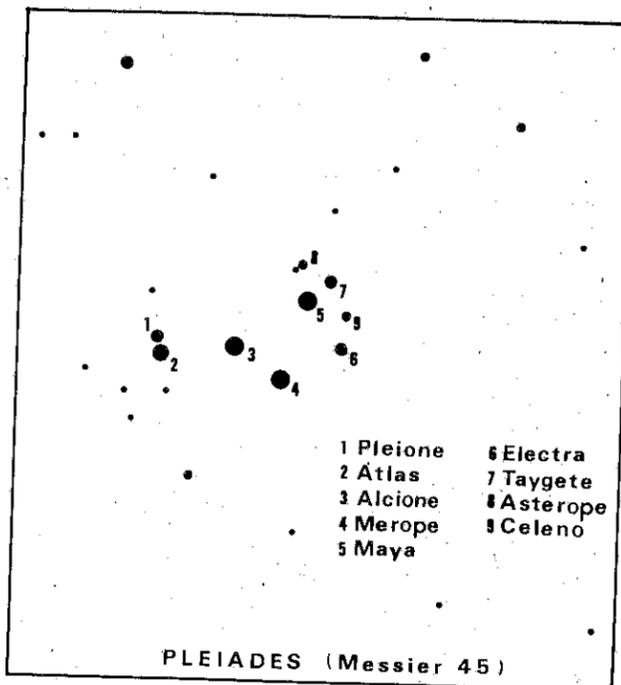


Figura 4. Mapa de identificación para las Pléyades. Se muestran las siete principales estrellas de la "familia", así como los "padres", Atlas y Pleione

nebulosa de reflexión que observamos.

La existencia de las Pléyades, y la de otros muchos cúmulos estelares, plantea a la astronomía moderna importantes interrogantes: ¿Por qué algunas estrellas se presentan aisladas y otras, de iguales características, ocurren en grupos? ¿Por qué algunos grupos son esféricos y muy ricos en estrellas (los llamados "cúmulos globulares" con más de cien mil estrellas) mientras que otros son irregulares y relativamente pobres (los "cúmulos abiertos", de los cuales las Pléyades son un ejemplo)? ¿Cómo se originan los cúmulos? ¿Cómo nacen, evolucionan y mueren sus estrellas? ¿Cómo evoluciona un cúmulo? ¿Cuánto tiempo puede durar y cuál es su destino final? En esta ocasión sólo abordaremos las tres últimas cuestiones, dejando para futuros números las demás.

La evolución de un cúmulo estelar es un problema dinámico, sencillo en principio: tenemos un grupo de estrellas ligadas entre sí por sus atracciones gravitatorias (la masa del gas y del polvo es despreciable para este propósito). El cúmulo se encuentra en equilibrio estacionario, situación

que resulta de un balance entre las velocidades de las estrellas, que tienden a deshacer el cúmulo, y la fuerza de la gravedad, que tiende a juntar en el centro a todas sus estrellas. La expresión matemática de este equilibrio está dada por el llamado "Teorema Virial", que nos dice que la velocidad media cuadrática de las estrellas es proporcional a la masa total del cúmulo, e inversamente proporcional al radio de éste. A pesar de ser una simplificación bastante burda, el Teorema Virial da resultados sorprendentemente buenos; pero por sí solo no basta, pues únicamente nos da una imagen estática del cúmulo. Para describir su evolución en el tiempo, necesitamos tomar en cuenta tres procesos dinámicos que la afectan profundamente.

El más rápido de estos procesos es la mezcla de las órbitas: cada estrella del cúmulo describe una órbita en el campo gravitatorio creado por las demás estrellas; las órbitas individuales son muy complicadas y variables, y pronto todas ellas se mezclan, no permitiendo fenómenos coherentes en el cúmulo. En otras palabras: los cúmulos no pulsan. En las Pléyades, el tiempo necesario para la mezcla de

las órbitas es de alrededor de un millón de años.

El segundo proceso es el relajamiento: aunque las estrellas de un cúmulo no chocan unas con otras, a veces sufren encuentros más o menos cercanos con sus vecinas, los cuales modifican sus velocidades. El resultado neto de muchos de estos encuentros es una tendencia hacia la equipartición de la energía entre las estrellas; las más masivas tienden a moverse más lentamente y se concentran en el núcleo del cúmulo, las más ligeras tienden a moverse a gran velocidad, poblando la región periférica del mismo y pudiendo incluso escaparse de él. El tiempo necesario para que un cúmulo como las Pléyades se relaje es del orden de 10 millones de años.

El tercer proceso es consecuencia del relajamiento, pero ocurre más lentamente: al tratar de llegar al estado de equipartición de energías, el cúmulo va perdiendo paulatinamente todas aquellas estrellas cuyas velocidades llegan a sobrepasar la velocidad de escape. Las primeras en escaparse son las estrellas ligeras y, en consecuencia, las estrellas masivas predominan cada vez más. Este pro-

ceso, que obliga al cúmulo a reajustar continuamente su estructura interna, y que termina por disolverlo, es la evolución dinámica; en un cúmulo como las Pléyades ocurre en una escala de tiempo de unos mil millones de años. Además de estos procesos internos, es necesario tomar en cuenta que los cúmulos se mueven en la galaxia, sufriendo la influencia del poderoso campo gravitatorio galáctico. Este se manifiesta imponiéndole al cúmulo un radio límite (el llamado radio de marea) más allá del cual el cúmulo no puede retener a sus estrellas.

Mencionamos anteriormente que las Pléyades tienen una edad de unos 30 millones de años. Puede decirse entonces que es un cúmulo perfectamente mezclado y bien relajado, cuya evolución dinámica apenas empieza, y que conserva aún casi todas las estrellas que tenía cuando se formó. Existen, sin embargo, cúmulos abiertos más viejos que las Pléyades (como las Híadas y el cúmulo de Praesepe) que ya han perdido muchas de sus estrellas. Si fijamos nuestra atención en cúmulos cada vez más viejos encontramos números

cada vez menores de ellos. La razón de que esto suceda es que antes de llegar a edades comparables a la del Sol (5 mil millones de años) muchos cúmulos abiertos se disuelven (pierden todas sus estrellas) y desaparecen. Solamente aquellos que inicialmente fueron muy compactos y ricos en estrellas pueden llegar a alcanzar edades comparables a las de los cúmulos globulares (10 mil millones de años) antes de disolverse. El cúmulo abierto NGC188 es un ejemplo de un grupo que ha logrado sobrevivir unos 11 mil millones de años, aunque ya debe haber perdido más de la mitad de las estrellas que originalmente tenía, especialmente las más ligeras.

Hemos visto así que tanto el campo gravitatorio de la galaxia como la propia evolución dinámica de los cúmulos contribuyen a que éstos pierdan estrellas y avancen inexorablemente hacia su total disgregación. Hemos visto también las escalas de tiempo necesarias para estos procesos. Por otra parte, sabemos que en nuestra galaxia, e incluso en la vecindad del Sol, se están formando continuamente del polvo y del gas interestelares nuevas estrellas y cúmulos.



Figura 5. Nebulosa de "reflexión" alrededor de la estrella Merope.

Podemos entonces estar razonablemente seguros de que mucho antes de que las Pléyades se hayan disuelto ya habrán surgido, ante los admirados ojos de los descendientes de nuestros descendientes, nuevos y hermosos cúmulos abiertos.

Objeto	Constelación	Magnitud visual	Tamaño aparente	Coordenadas		Tipo
				A. recta	Declinación	
M 31	Andrómeda	4	160' x 40'	00h 41m	+41° 07'	Galaxia espiral
M 33	Triangulum	8	60' x 40'	01h 32m	+30° 30'	Galaxia espiral
M 34	Perseus	6	18' x 18'	02h 40m	+42° 39'	Cúmulo galáctico doble
M 45	Taurus	3	100' x 100'	03h 45m	+24° 02'	Cúmulo galáctico (o abierto) Las Pléyades
M 38	Auriga	7	18' x 18'	05h 27m	+35° 49'	Cúmulo galáctico
M 42	Orión	4	66' x 60'	05h 34m	-05° 24'	Nebulosa gaseosa
M 1	Taurus	8	6' x 4'	05h 33m	+22° 00'	Resto de la supernova del año A.D. 1054 (el Cangrejo)
M 79	Lepus	8	3' x 3'	05h 23m	-24° 33'	Cúmulo globular

Explicación de los títulos de la lista:
Objeto: Se denomina con la inicial de Messier y a continuación el número progresivo de su catálogo, por ejemplo, M 42.
Constelación: En la que el objeto se ubica, por ejemplo, Orión.
Magnitud: Brillo aparente del objeto. Hipparchus y su discípulo Ptolomeo establecieron la escala de magnitudes de las estrellas, llamando a las más brillantes de 1a. magnitud y a las más débiles de 6a. magnitud. Pogson hizo corresponder en 1850 esta escala con una logarítmica, de tal manera que una magnitud de diferencia corresponde a un factor de $\sqrt[5]{100} = 2.5$ en los brillos y que una estrella de 1a.

magnitud sea 100 veces más brillante que una de 6a. Esta escala se ha extendido en ambos sentidos.
Tamaño angular: Corresponde a la extensión aparente de los objetos celestes. Se acostumbra dar en minutos de arco sobre dos ejes perpendiculares; así, en la Galaxia de Andrómeda 160' corresponde a su eje mayor, y 40' a su eje menor.
Coordenadas ecuatoriales: Son la ascensión recta, marcada en los mapas celestes cada dos horas sobre el ecuador celeste y la declinación, marcada cada 20° al lado del meridiano que corresponde al zenit. (En el hemisferio sur, es negativa.)
Tipo: Aquí se describe someramente la naturaleza del objeto en cuestión.

historia y sociedad 21

REVISTA LATINOAMERICANA DE PENSAMIENTO MARXISTA FUNDADA EN 1965
SEGUNDA EPOCA

MARIATEGUI Y EL INDIGENISMO REVOLUCIONARIO PERUANO

Ruth E. Arboleyda y Luis Vásquez León

GUERRILLA Y PROLETARIADO EN BOLIVIA — Cayetano Llobet

INDIGENISMO CAPITALISTA EN MEXICO — Gloria Artís y Manuel Coello

EL INDIIO DE LA ANTROPOLOGIA MEXICANA — Marcela Lagarde

LA ECONOMIA CAMPESINA EN ARGENTINA — Leonardo Paso

Suscripción anual:

Por correo ordinario, México	\$	140.00
Centroamérica, EE.UU. y Canadá	Dls.	13.00
Sudamérica	Dls.	15.00
Europa	Dls.	18.00

Cualquier aclaración sobre suscripciones dirijase, por favor, a nuestro apartado postal

Revista trimestral

Precio del ejemplar: \$40.00

Apartado postal 21-123, México 21, D.F.

Nicolás San Juan 1442, México 12, D.F. Tel. 559-38-81



El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y
la Secretaría de Salubridad y Asistencia

Presentan el libro: INVESTIGACION DE SERVICIOS DE SALUD

Expertos de Inglaterra, Estados Unidos, México y organismos internacionales analizan —entre otros— temas como:

- Situación actual de la investigación de servicios de salud
- La epidemiología y la teoría general de sistemas
- Evaluación de la calidad de la atención médica
- Investigación en bioestadísticas
- Instrumentos para medir la calidad de los servicios de salud
- Estudios de costo-beneficio
- Investigación de recursos humanos para la salud
- Evaluación de programas de salud pública
- Demanda y uso de servicios

Tamaño 17 x 23 cms., 330 páginas,
encuadernación en rústica.

PRECIO DEL EJEMPLAR

(incluido el envío por correo aéreo):
\$200.00 M.N. en la República Mexicana.
\$ 16.00 Dólares para el extranjero.

Los pedidos deben hacerse a:
Dirección de Publicaciones del CONACYT
Insurgentes Sur 1814, Sexto Piso,
México 20, D.F.
México

El ADN: clave de la vida

POR HORACE FREELAND JUDSON

Ultima parte

Numerosos científicos se interesaron especialmente en el estudio de la estructura del ADN, y después de muchos años de esfuerzo lograron descubrir lo que Crick llamó "el secreto de la vida"

A la mañana siguiente del coloquio, Crick se trasladó a Londres y Watson lo recibió en la Estación Paddington y de allí tomaron el tren a Oxford para disfrutar el fin de semana. En el tren, Crick interrogó a Watson sobre lo que él pudiera recordar de la plática de Franklin. "Francis estaba muy molesto por mi costumbre de confiar siempre en mi memoria y porque nunca ponía las cosas por escrito", apuntó Watson en *La doble hélice*. Y continuó: "...particularmente desafortunada fue mi falta para informar con exactitud el contenido de agua en las muestras del ADN sobre las cuales Rosie había hecho sus mediciones. Existía la posibilidad de que yo estuviera desorientando a Francis por una diferencia de un orden de magnitud." De lo que recordó Watson, Crick pudo convencerse antes de que llegaran a Oxford de que "solamente

un pequeño número de soluciones formales eran compatibles, tanto con la teoría de Cochran-Crick como con los datos experimentales de Rosalind". "Rápidamente empezó a dibujar más diagramas para demostrarme qué tan simple era el problema." Las anotaciones y conversaciones continuaron a través de varios días. Para cuando tuvieron un modelo, una semana más tarde, también tenían un manuscrito de ocho páginas escrito a mano por Crick. Las notas de Franklin y el manuscrito de Crick formaron un pequeño estudio de caso. Fueron escritos con una diferencia de unas cuantas semanas uno del otro y, a partir de los mismos datos, que de seguro pasaron a través de Watson, todavía estaban elaborados y pensados de manera informal. Franklin preparó un buen informe sobre el asunto. Watson asegura en su memoria, diecisiete años más tarde, que ella rechazó la construcción de modelos y la estructura helicoidal como prematuras. Sin embargo, ella tenía en mente, sin lugar a duda, las

características generales para una solución helicoidal, una que hubiera sido más correcta en varias formas que el intento inicial de Crick y Watson. El manuscrito de Crick no se publicó, ya que difícilmente tenía algo que publicar; él todavía se refiere a ello como un plan de trabajo, diciendo:

Estimulados por los resultados presentados por los investigadores del King's College de Londres, durante un coloquio efectuado el 21 de noviembre de 1951, nosotros hemos intentado ver si podemos hallar algunos fundamentos generales sobre los cuales la estructura del ADN pudiera estar basada. Hemos tratado de incorporar el *mínimo* número de hechos experimentales, aunque ciertos resultados nos han sugerido algunas ideas. Entre éstas podríamos incluir la probable naturaleza helicoidal de la estructura, las dimensiones de la unidad celular, el número de residuos (nucleótidos) por cada punto

Tomado con autorización de *The New Yorker* del 11 de diciembre de 1978, publicado por The New Yorker Magazine Inc.



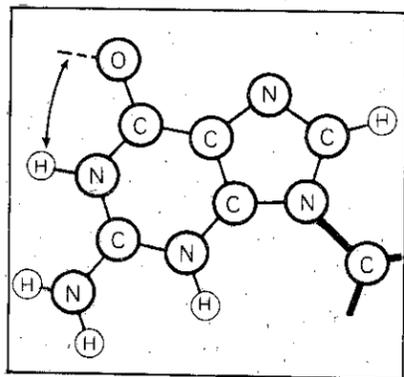
Watson y Crick tomando café después de la publicación de *La doble hélice*

de rejilla y el contenido de agua. Habiendo llegado a una estructura tentativa, de esta manera hemos generalizado lo que vemos como características importantes y ahora presentamos éstas como postulados.

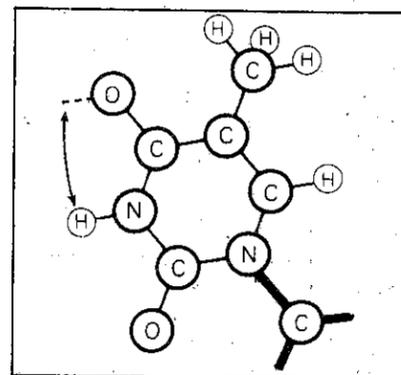
El contraste con el enfoque de Franklin era diametralmente opuesto, las conclusiones resultaban inevitablemente parecidas en lo incierto y lo erróneo.

Las diferencias físicas entre las cuatro clases de bases debían ser ignoradas y esto, de acuerdo con Pauling, traería como resultado una hélice. La hélice no estaría unida, a pesar del ejemplo de Pauling, por enlaces de hidrógeno. Las bases eran los únicos candidatos firmes para formar los en-

laces de hidrógeno. Pero a partir de lo que Watson y Crick encontraron en los libros como referencia, la disposición de los átomos de hidrógeno en las orillas de las bases era inconstante. Cada base, según se sabía, podría presentarse en una u otra de dos formas. Específicamente, las bases de guanina y timina se suponía adoptaban lo que se denomina configuraciones de enol y ceto. Estas se diferenciaban únicamente por el sitio en donde un átomo de hidrógeno en particular se fija sobre el borde de la base. O sea que, en la forma ceto, el átomo de hidrógeno movable está unido directamente a un átomo de nitrógeno en el anillo principal de la base; en la forma enol, el hidrógeno brinca hasta un sitio adyacente, pero más sobresaliente, unido a un átomo



Guanina en forma ceto



Timina en forma ceto

de oxígeno el cual a su vez está unido al anillo.

A esas posibilidades moleculares parecidas se les denomina "tautómeros" (un fragmento de un pequeño cambio científico internacional acuñado a partir de la palabra griega tautología). Las formas verdaderamente tautoméricas de una molécula se intercambian una con la otra de tal forma que existen equilibradas, de lado a lado, en una muestra de la sustancia. El fenómeno fue algunas veces tratado como si la molécula estuviese vibrando rápidamente entre dos formas, con una especie de resonancia. Las técnicas ordinarias para el análisis químico no distinguen la molécula tautomérica entre una y otra forma. No obstante, los diagramas de guanina y timina, tal y como se imprimieron al inicio de los años cincuenta, generalmente los mostraban en las formas enólicas. Crick no encontraba la manera en la cual tales formas caprichosas pudiesen establecer puentes de hidrógeno estables. Inclusive si esta objeción fuese eliminada, todavía quedaba como cierto el hecho de que las configuraciones de las bases venían a ser piezas que estorbaban el acertijo de construcción del modelo. O sea, que la geometría de las formas tautoméricas fue la base del prejuicio de Crick en contra de la utilización de puentes de hidrógeno para enlazar las bases y, en el caso de Watson, de su oposición a colocar el armazón azúcar-fosfato en el exterior. Estos prejuicios perduraron.

Buscando otra manera para unir las cadenas, Crick y Watson, al igual que Franklin, centraron su atención en los grupos fosfato de la estructura. A diferencia de Franklin, ellos no los enlazaron directamente, P-O...O-P. En lugar de eso, se dieron cuenta que con tan poca agua como había reportado Watson, otros átomos presentes en la solución formarían puentes electrostáticos entre los fosfatos con carga. El manuscrito de Crick especificaba que los iones de sodio se unían a los grupos fosfato, ya que ellos estaban trabajando con esa sal del ADN; Watson recordaba los iones de magnesio, pero es muy posible que no pensarán en ellos hasta la siguiente primavera. Ambos supusieron, aunque con menos convicción, que la estructura estaría ligada en el

centro de la molécula, con las bases proyectándose hacia el exterior a todo alrededor. Una ventaja tentadora de colocar las bases en el exterior era que las irregularidades en sus formas no necesitaban ser acomodadas dentro de la estructura regular cristalina. Otra ventaja era que las secuencias de las diferentes bases serían simples, obviamente disponibles para la interacción con la proteína. "A partir de estos postulados, podemos ahora abordar el problema de posibles estructuras sistemáticamente", escribió Crick.

El primer modelo para el ADN

La construcción del modelo comenzó el lunes. Los componentes tenían que ser improvisados con partes que habían sobrado de cadenas de proteínas que estaban desde hacía dos años en el laboratorio. Los átomos eran de tamaños equivocados y ya no había tiempo para mandar hacer nuevas piezas. La construcción estaba mal hecha y aprisa, constantemente las piezas se movían de su lugar. Watson y Crick intentaron la prueba con modelos preliminares de dos cadenas entrelazadas, pero hallaron que eran de menor densidad que lo calculado. Las estructuras con tres hélices, sin embargo, "son más interesantes —escribió Crick—, ya que dan alrededor de 24 residuos en 27 Å y tienen un agujero en medio que viene a ser el tamaño correcto como para acomodar ocho moléculas de agua". Estos números, desde luego, eran de Franklin y estaban recordados en forma imprecisa. El modelo tomó forma para la noche del mismo día y ellos lo afinaron para el martes. Después de que Kendrew les recordó que le debían un reconocimiento a Wilkins, Crick le habló por teléfono a su amigo y lo animó para que tomase el primer tren.

El miércoles por la mañana, Wilkins, Franklin, Gosling y otros colegas llegaron. Crick habló sobre la gloria de la teoría de la difracción helicoidal; la cual les permitiría predecir, a partir de este modelo, el patrón de rayos X que tal molécula produciría, lista para verificarse con las foto-

grafías del King's College. Wilkins dijo que Stokes, del King's College, había calculado las matemáticas para las hélices algunos meses antes; aún más, de hecho se añadió una frase de reconocimiento al descubrimiento independiente de Stokes, al trabajo teórico próximo a salir de Cochran, Crick y Vand. Franklin dirigió el ataque al modelo mismo. Según la versión de Watson, diecisiete años más tarde, ella insistió en "...que no había una pizca de verdad sobre que el ADN fuera helicoidal". Las notas que ella había preparado unos días antes y su informe como

Un poco menos de una semana después del coloquio en el King's College, el primer modelo de Watson y Crick para el ADN había fracasado. De la derrota al triunfo pasaron quince días

becaria, que envió unas semanas más tarde, señalaban este hallazgo para darle una mayor validez a su propia opinión, aunque en esa ocasión ella no estaba totalmente decidida en contra del planteamiento sobre las hélices. Lo que tal vez realmente quiso decir fue que sus mejores fotografías de rayos X del ADN, hasta entonces aquellas de forma cristalina, fallaron en mostrar el patrón característico de una estructura helicoidal.

Era cierto también que mientras sus fotografías de la segunda forma húmeda presentaban características helicoidales, éstas no eran seguras, pero nunca entró en detalles sobre el patrón de las formas húmedas. De cualquier manera, el modelo tenía dos deficiencias desastrosas: la estructura fundamental no podía estar en el interior, y un vistazo le indicó a Franklin, y una palabra les indicó a todos ellos, que el modelo no contenía suficiente agua; falta que Crick tuvo que reconocer y que se debía no solamente al lapso de memoria de Watson, sino también a su propio lapso en la química básica, ya que los iones de sodio o magnesio con carga atraerían fuertemente al agua. "Cualquiera que supiera algo de química hubiese sabido que había mucha agua, ¡tan sólo con los fundamentos básicos!", me dijo Crick. Cuando se volvió a tomar en cuenta

el agua, otros modelos fueron compatibles con el resto de los datos. Para la tarde del miércoles, un poco menos de una semana después del coloquio en el King's College, el primer modelo de Watson y Crick para el ADN había fracasado. De la derrota al triunfo pasaron quince meses. La derrota fue moral lo mismo que intelectual, y parecía poco menos que absoluta (mientras que a los piratas con fortuna se les hace caballeros, a los que fallan se les ahorca). Randall tuvo una conversación en secreto con Bragg, en la que éste se mostró inmutable, y le hizo saber que Watson y Crick te-

nían que dejar el ADN al laboratorio del King's College. Watson anotó que ellos no protestaron. "Una protesta abierta revelaría que nuestro profesor estaba completamente 'en la luna' sobre lo que significaban las iniciales ADN", escribió Watson en *La doble hélice*; sin embargo, él reconoció que estaban contra la corriente con modelos con su interior de azúcar-fosfato. Los moldes para hacer las piezas elementales de los modelos se los pasaron a Wilkins quien, a pesar de la urgencia e intensa frustración de Crick, los dejó sin hacerles el menor caso.

Crick regresó a su tesis e, incansable como siempre, se preocupó de inmediato por la inconsistencia entre la hélice alfa de Pauling y los datos. El calculó que la mancha tan notoria de rayos X producida por la alfa queratina natural a 5.1 Å (la cual le había impedido a Pauling publicar por tanto tiempo) podía ser explicada al suponer que en esa sustancia la misma hélice alfa tenía una torcedura mucho más grande y más lenta sobre ella misma a la cual él llamó "la espiral enrollada". Se suponía que Watson estaba ayudando a Kendrew a hacer crecer cristales de proteína, pero sus intentos habían sido irregulares y sin éxito. Ahora se cambió de actividad para dedicarse a tomar fotografías de difracción del virus del



Martha Chase y Alfred Hershey en el simposio celebrado en Cold Spring Harbor en 1953

mosaico del tabaco. También Watson se desprecupó por los métodos y el trabajo de Pauling. Pauling estaba en la mente de todos. Crick se dedicó a la hélice alfa con el trabajo sobre difracción helicoidal y la espiral enrollada. Con tristeza, Crick envió a Watson como regalo de navidad una copia del libro de Pauling *La naturaleza del enlace químico*. Con seguridad, en el obsequio estaba la clave. Para Crick, Pauling era el hombre del cual se debe aprender y la hélice alfa el ejemplo para ser estudiado. Franklin también (aunque ella escogió más bien el análisis cristalográfico que la construcción de modelos) sintió la fuerza del ejemplo de Pauling y lo citó en sus notas. Solamente por Watson sabemos que el modelo equivocado fue construido en una competencia para adelantarse a Pauling. El primer *round* se había perdido, no con el Caltech, sino con el King's College y en particular contra Franklin.

El experimento de la "licuadora"

Watson permaneció en comunicación con el grupo de los fagos. Para el grupo, Watson era uno de los que escribían largas cartas en cadena. Delbrück y otros también escribían, enviando noticias sobre su trabajo e ideas. Delbrück arregló una beca de dos años de la Fundación Nacional para la Parálisis Infantil, de tal manera que Watson pudiera venir al Caltech el verano siguiente. Esa primavera Watson escribió que le gustaría estar más tiempo en Cambridge, así que Delbrück consiguió que Pauling dijera que por el momento había mejores facilidades en el laboratorio Cavendish, y logró cambiar el primer año de la nueva beca a Inglaterra. También esa primavera, Salvador

Luria iba a venir a Oxford para presentar un artículo en la Sociedad de Microbiología General, el 16 y 17 de abril.

Pero 1952 era el año de la elección presidencial en los Estados Unidos, año en el que Joseph McCarthy aterrizó a la nación, y Luria, italiano del norte, era un ciudadano norteamericano por naturalización que en su juventud —me dijo una vez— había pasado de una educación más bien ortodoxa al marxismo, la cual sin duda era una filosofía igualmente ortodoxa, y poco a poco se vio envuelto en una tendencia existencialista, todo esto cuando tenía entre 20 y 30 años de edad; por consiguiente, le negaron su pasaporte. El artículo de Luria para la reunión era la suma total del esquema de la multiplicación del bacteriófago, sobre el cual había trabajado durante varios años. En éste, la proteína del fago tenía una función genética dentro de la bacteria infectada, mientras que el ADN del fago era añadido solamente en el último paso antes de la explosión; la hornada final de las donas de proteínas, como él la llamaba en el laboratorio (y las metáforas pueden ser trampas mentales). Watson fue a Oxford en representación de su profesor ausente. Acababa de recibir una larga carta de Alfred Hershey (miembro desde el principio del grupo de los fagos) en la cual le informaba acerca de una serie de experimentos que él y una colega, Martha Chase, iban a publicar en breve. Sus resultados estaban sacudiendo las convicciones fundamentales del grupo de los fagos referentes al ADN, y convertían el esquema de Luria en ruinas. En Oxford, y en el lugar de Luria, Watson se presentó para informar acerca de los resultados de Hershey, utilizando la carta, para luego extenderse sobre su propio trabajo en fagos, realizado el año anterior en Copenhague.

Desde entonces, Hershey ha insistido sobre la "simplicidad esencial" de lo que ha llegado a conocerse como el experimento de Hershey-Chase, o el experimento de la "licuadora".

La necesidad de esta esencial sencillez surgió directamente del descubrimiento de Thomas Anderson y Roger Herriott de que el fago tiene una estructura elaborada: una cabe-

za proteinácea que parece encapsular al ADN y una cola esbelta de proteína, con finas fibras caudales que se unen a la presa bacteriana. Mirando hacia atrás, en 1966, en un volumen de artículos con los cuales los colegas de Delbrück celebraron su sesenta aniversario, Anderson encontró material para preguntarse el porqué del largo rechazo del grupo de los fagos al trabajo de Avery para llegar al punto importante. Acerca de sus microfografías electrónicas, él escribió: "Uno podía ver los fantasmas de fagos con las cabezas vacías sobre la superficie bacteriana. Lo recuerdo en el verano de 1950 o 1951 —seis o siete años después del artículo de Oswald Avery—, sosteniendo las transparencias sobre la mesa del proyector con Hershey ... en el laboratorio de Cold Spring Harbor, discutiendo salvajemente la cómica posibilidad de que sólo el ADN viral encuentra su camino dentro de la célula huésped, actuando allí como un factor transformante que altera los procesos sintéticos de la célula."

Hershey y Chase decidieron ver si podían separar de la bacteria al fantasma del fago vacío, y encontrar qué eran y dónde habían quedado sus componentes. El ADN no contenía azufre y las proteínas del fago no contenían fósforo; por lo tanto, Hershey y Chase empezaron por producir fagos en un cultivo bacteriano con un isótopo radiactivo como el único fósforo del medio, el cual se absorbía en todos los grupos fosfato cuando el ADN de la progenie del fago se ensamblaba, y, en un experimento paralelo, por medio del cultivo de fagos cuya cubierta de proteína estaba marcada con azufre radiactivo. Utilizaron el fago para infectar bacterias frescas en caldos que no eran radiactivos y, pocos minutos después de la infección, trataron de separar a la bacteria de las cubiertas de los fagos vacíos. "Ensayamos diferentes métodos rutinarios de molienda, con resultados que no fueron muy alentadores —escribió Hershey—. Entonces hicimos una avance tecnológico en el mejor estilo de improvisación casera, propio de Delbrück. Cuando Margaret McDonald nos prestó su licuadora, los experimentos tuvieron un éxito inmediato."

Los resultados del experimento de



Rollin Hotchkiss y Max Delbrück en el simposio celebrado en Cold Spring Harbor en 1953

la licuadora quedaron ocultos por su simplicidad, por otros experimentos, y por la forma redundante en que se publicaron. Este artículo es tedioso y su lectura representa una labor innecesaria; además, la fama del experimento descansa sólo ligeramente en el artículo, ya que Hershey esparció lo dicho, por medio de cartas, varios meses antes de su publicación, y ha recordado sucintamente el procedimiento desde entonces. "Una suspensión en frío de células bacterianas, recientemente infectadas con fagos T2, se agita unos cuantos minutos en una licuadora, y después se centrifuga brevemente a una velocidad suficiente para sedimentar a las células bacteriales hasta el fondo del tubo", escribió en 1966. La licuadora generaba en el líquido una violenta agitación, y ésta atacaba las frágiles conexiones de las colas virales a las paredes bacterianas. Después de la centrifugación, las marcas radiactivas mostraron que la mayor parte de las proteínas portadoras de azufre permanecieron en el líquido claro, pero el ADN bajó con las bacterias, las cuales se podían separar y volver a suspender en más caldo, para continuar con el ciclo de crecimiento y liberar fagos nuevos y activos. Los controles para excluir cualquier proteína que acompañara al ADN, de ninguna manera fueron tan inventivos o tan estrictos como Avery había sido. Se acepta el hecho de que el experimento de la licuadora era bioquímica-

La estructura de las proteínas

Casi inmediatamente, el 10. de mayo, Watson y Crick asistieron en Londres a una prolongada reunión de todo un día, en la Royal Society, sobre la estructura de las proteínas. Esta reunión se había convocado



Maurice Wilkins

para discutir sobre la hélice alfa y se anunció que participarían Pauling y Corey; pero el Departamento de Estado se dejó sentir: ésta fue la célebre ocasión en la que en el último momento le negaron su pasaporte a Pauling, bajo la sospecha, a pesar de que él lo negaba rotundamente, de que era comunista. En Inglaterra, los científicos se mostraron incrédulos y escribieron cartas a la revista *Time*. "De lo que nos acordamos es del escándalo que se armó porque Pauling no estaba allí", dijo Crick. La reacción de Watson, descrita en el libro *La doble hélice*, fue una mezcla de un desconsiderado desprecio por la política norteamericana, así como por los rojillos del sur de California, como él lo sugirió, con el placer de que Pauling no tendría la oportunidad de ver las fotografías de rayos X en el King's College de Londres.

Ciertamente, el gigante había empezado a agitarse. Mientras que Watson no tenía una razón en particular para saberlo, en ese entonces, Pauling había empezado a reflexionar acerca del ADN como una gran molécula que tenía que ser determinada. Y, por supuesto, había mucho más que ver en el King's, más de lo que Watson se imaginaba. Si Pauling hubiera visitado el King's, Wilkins y Franklin le hubieran mostrado sus fotografías de difracción de ADN, ya

que, aunque Wilkins no hizo caso de una carta que le escribió Pauling pidiéndole copias, las gentilezas de una visita personal al laboratorio de uno son diferentes y difíciles de evadir. Corey, si fue a Londres para la reunión del 10. de mayo y visitó a Franklin. Ella le mostró sus fotografías (aunque no sabemos cuáles), pero Corey no tenía la intuición mercurial de Pauling para las estructuras.

Si Pauling mismo hubiera podido aprender lo suficiente en el King's College como para ser el primero en resolver la estructura del ADN es una cuestión que siempre penderá en la balanza. El tiempo era crucial. Wilkins tenía las fotografías de ADN que había tomado dos años antes, las que descubrieron por primera vez el estado cristalino, las mismas que Watson había visto y Pauling no.

Las formas A y B del ADN

Desplazado por Franklin, Wilkins tuvo que establecer su propio equipo de rayos X. Para su pesar, encontró que las muestras de ADN llevadas por Chargaff a Nueva York no se podían utilizar para producir el patrón cristalino, y él le había devuelto a Franklin el resto del ADN de Signer en Suiza, que sí servía. Las esperanzas de Wilkins tuvieron que centrarse en sus variadas muestras celulares y en sus viajes para obtenerlas. A principios de 1952, le escribió a Crick una extensa y emotiva carta, en la que hablaba de su programa de investigación para los próximos meses. Dijo en parte:

He logrado mejores fotografías con rayos X del esperma del calamar, las cuales muestran claramente una serie completa de líneas de capas helicoidales...

He encontrado varias de sus sugerencias muy valiosas, pero estoy bastante convencido, por varias razones, de que los fosfatos deben estar en el exterior.

Sólo hay una parte de la fotografía que todavía me intriga, pero si las hélices están correctas, pronto llegaremos a la explicación. Yo mismo estoy profundizando en el trabajo, pero no he hecho nada sobre los modelos ni sobre la química,

ya que creo que la fotografía posee una clave que no se ha reconocido, la cual, más o menos directamente, nos dará el modelo. Ahora tomo mis propias fotografías de rayos X y he construido nuevas cámaras (por lo tanto, obtengo mejores fotografías de esperma). Pero creo, como usted, que la clave para las nucleoproteínas descansa en la fotografía de cristales... Franklin me ladra muy seguido, pero casi nunca logra moderme. Desde que reorganicé mi tiempo de manera tal que puedo ahora concentrarme en el trabajo, ella dejó de preocuparme. Yo me encontraba muy confuso acerca de todo ello la última vez que lo vi...

...Deseo discutir todas nuestras más recientes ideas y resultados con usted otra vez. ¿Por qué no almuerza conmigo la próxima vez que venga a la ciudad? ¿Se enteró de que me invitaron a Río de Janeiro? ¿No es fantástico? De algún modo siento que soy un tipo afortunado. Allí espero recolectar paquetes de espermatozoides que contengan cromosomas separados, y tomar fotografías de rayos X de cada uno de los 2 cromosomas en la célula espiralizada y sin espiralizar, etcétera. Espero no irme hasta el infierno con todos estos viajes, pero hasta ahora creo que valen la pena desde el punto de vista del trabajo.

Franklin tenía las fotografías que había tomado el otoño anterior, las cuales por primera vez aclararon que el ADN era diferente en los estados cristalino y húmedo. Wilkins conocía la diferencia, Watson había tenido una buena ocasión para enterarse de ello; pero Pauling desconcía este hecho. Más tarde, Franklin empezó a denominarlas como forma A y como forma B del ADN, y ésta es la manera en que se les designa hasta nuestros días. Durante ese invierno y parte de la primavera, ella y Gosling no se despegaron del laboratorio y tomaron otras fotografías, algunas más perfectas, las cuales aún no habían mostrado a nadie. Para el 10. de mayo, los patrones de difracción de Franklin no habían revelado algo más de las dimensiones esenciales de la molécula, fuese en la forma A o en la B,

pero demostraron que las fotografías de Astbury del ADN tenían las dos formas mezcladas, de tal modo que despistaban por su forma similar, tal y como Pauling había encontrado con anterioridad los patrones de alfa keratina. Sin embargo, las nuevas fotografías del ADN enfrentaron a Franklin con resultados confusos y conflictivos. Para empezar, siempre había sido obvio para ella que el cambio del estado cristalino al húmedo, o viceversa, no era un cambio de una forma continua, tampoco un aumento de tamaño de la molécula individual, con la absorción de agua o alguna pérdida gradual entre las muchas moléculas en la fibra sino, más bien, una transición discreta, o quizás abrupta, entre las dos configuraciones estructurales de la molécula. Algunos años antes, ella le dijo a Aaron Klug que por primera vez se había impresionado por el cambio en la forma cuando la fibra que estaba preparando, repentinamente, se encogió tanto que abandonó la posición para captar el haz de los rayos X.

La transición de A a B estaba marcada por un aumento en la longitud de las fibras, que crecían hasta un total de un 25%. A principios de febrero, en su informe anual de becaria, ella escribió: "La hélice en estado húmedo, aparentemente, no es idéntica a aquélla en estado cristalino."

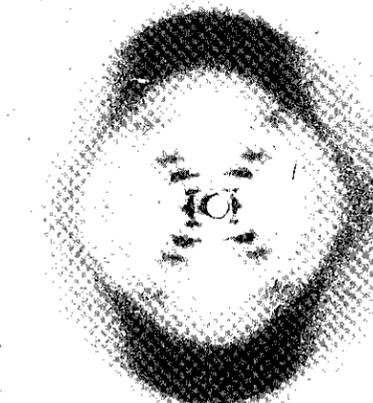
En las semanas siguientes, después de que el informe fue escrito, la forma de pensar de Franklin acerca de la estructura del ADN evolucionó rápidamente. Los patrones de la forma A eran ahora tan buenos que parecía posible, con pacientes medidas y cálculo, trabajar otra vez directamente con la estructura A, sin necesidad de adivinar o construir modelos, por medio de los métodos cuantitativos de la cristalografía clásica —en particular, por medio de los métodos llamados de Síntesis de Patterson, en honor de otro miembro más de la escuela de Bragg, el cristalógrafo canadiense Arthur Lindo Patterson. Nadie anteriormente había hecho la estructura de una fibra de esta manera. Sólo el excepcional orden cristalino de las fibras de ADN en la forma A hizo que la idea fuera posible. El reto no podía dejar de ser atractivo: se requería de mucho trabajo, de mucho discernimiento y de una gran pureza

intelectual. La tarea de imaginarse una proyección de Patterson para la estructura A captó casi toda la atención de Franklin durante el año siguiente.

Esa primavera, cuando ella comenzó, algunas características de las últimas fotografías de difracción le dieron la idea de que la estructura A, después de todo, no podría ser una hélice. Durante el fin de Semana Santa tomó una fotografía de una sola fibra, que produjo una variante extraordinaria de la forma A. "Orientación doble", escribió en su cuaderno de notas. Las manchas estaban todas en sus lugares correctos, pero sus intensidades eran asimétricas en una forma sistemática, lo que significaba que la dispersión de los rayos X estaba dominada por uno, o algunos, de los pocos cristales grandes dentro de la fibra. La fotografía y la fibra eran únicos, fortuitos, imposibles de duplicar, a pesar de varios intentos. Franklin dio mucha importancia a esta fotografía. Esto le daba una verificación parcial, independiente de los análisis iniciales, pero necesitaba de la clasificación de las manchas, la cual era el fundamento de todo cálculo subsiguiente. La asimetría de la fotografía parecía obstinadamente irreconciliable con una estructura helicoidal para la forma A. En 1968, en un artículo en la revista *Nature*, Klug trató de reconstruir el juicio de Franklin para defenderla:

Los patrones que ella tenía entre manos, con fibras o fotografías de rotación, en los que los datos tridimensionales intrínsecos pueden obtenerse sólo en forma bidimensional, conducían a ciertas posibles ambigüedades para la clasificación de los patrones... Era muy natural que en el contexto de las nuevas observaciones, se pensara que la estructura A no fuera en absoluto helicoidal y que debían explorarse estructuras que no tuvieran dicha forma.

Franklin se encontraba entre el público durante la discusión sobre proteínas aquel 10. de mayo, en la Royal Society, aunque casi nadie recuerda su presencia. Wilkins también asistió, y Watson se acuerda que Wilkins le dijo que Franklin estaba insistien-



Fotografía de rayos X de la forma B del ADN tomada por Rosalind Franklin a finales de 1952

do en que "sus datos le decían que el ADN no era una hélice".

El mismo día, Franklin tenía a su equipo trabajando para sacar una placa de rayos X de una fibra que antes le había dado una buena fotografía de la forma B. En la mañana del dos de mayo, un viernes, reveló la película. En el cuaderno de notas que estaba usando —un pequeño libro rojo para ejercicios escolares— ella identificó la fotografía como la número 49 de la serie que había empezado en septiembre del año anterior, y observó: "muy buena foto 'húmeda'".

Por la tarde ensayó con otra fibra, con una exposición corta. Esa misma noche Franklin colocó otra vez la fibra adecuada, con el soporte de la placa centrado con mayor precisión en la fuente de rayos X.

Con el tiempo, ella había desarrollado un procedimiento cuidadoso. Para eliminar la dispersión de los haces de rayos X por el aire, aisló el aparato y pasó a través del mismo un flujo constante de hidrógeno; éste era un método que Randall había introducido en el laboratorio dos años antes. El experimento era arriesgado. Para mantener las fibras a una determinada humedad, Franklin burbujeó el hidrógeno a través del agua —en realidad a través de una solución saturada de sulfato de amonio, una sal simple—, de tal manera que el gas entrara a la cámara con un 75% de humedad relativa. Otras humedades, otras soluciones salinas: el control exacto del contenido de agua fue una de las nuevas técnicas por medio de las cuales Franklin obtuvo mejores



Rosalind Franklin

fotografías. A las seis y media conectó el equipo. Una hora más tarde, encendió el tubo de rayos X para empezar la exposición. En algún momento, durante el fin de semana, hubo una interrupción de 32 horas; pero sus anotaciones no dicen el porqué. A las cinco de la tarde del martes, terminó con la exposición. Le dio a la fotografía el número 51 y calculó su exposición total en 62 horas.

Comparadas con todos los patrones B anteriores que Franklin había obtenido, estas dos fotografías eran intensas, especialmente la que tenía el número 51.

La totalidad del patrón era un enorme y borroso diamante. Los picos de arriba y de abajo de éste estaban rematados por arcos oscuros, densamente expuestos. Desde el centro, una sorprendente disposición de manchones cortos y horizontales partían rápidamente a lo largo de las diagonales en la forma de una X. El patrón gritó hélice. Con una voz más silenciosa, decía mucho más. En cada brazo, los tres primeros manchones fuera del centro estaban intensamente marcados; uno, el de la cuarta capa, era casi invisible; el quinto, se aclaraba otra vez. El recuerdo de los datos de Astbury, confirmados por un cálculo breve para

este nuevo patrón de difracción, identificaron al pesado arco exterior, de 3.4 \AA entre los nucleótidos. Una regla situada sobre la fotografía impresa mostró a Franklin de inmediato —de hecho lo mostraba a cualquiera que la hubiera situado allí— que esos pesados arcos exteriores caen sobre la décima capa. En la relación recíproca del espacio real al patrón de difracción, la capa más interior, por lo tanto, representaba 34 \AA . Esto es, una sombra menor que 134 billonésimas de una pulgada. Y así de simple, ineludiblemente, la hélice hacía un giro completo en 34 \AA y cada giro contenía exactamente diez nucleótidos, si la hélice era sencilla, y diez pares o tripletes de nucleótidos, si había dos o tres filamentos. En un suspiro audible para una inteligencia entrenada, el patrón decía aún más. Ya que las manchas que formaban los brazos eran tan fuertes y claras, tenían que estar provocadas por los componentes más pesados de la estructura —componentes que en el ADN eran los grupos fosfato— tendidos sobre la curva de la hélice misma. De acuerdo con esto, las bases giraban hacia adentro. Una cuidadosa determinación de los ángulos, entre los brazos de la cruz y otro cálculo, situaron el diámetro de la hélice en alrededor de 20 \AA . La manera de calcularlo había sido demostrada en la revista *Nature*, en febrero anterior, por Cochran y Crick, en su artículo sobre la teoría de difracción helicoidal.

No fue sino hasta mediados de marzo de 1953 (más de diez meses después de que ella tomó la fotografía), cuando Franklin llegó a esas conclusiones acerca de la estructura B del ADN, después de un profundo análisis de la fotografía número 51. En la primera semana de mayo de 1952, ella reflexionó breve y tentativamente acerca de la fotografía número 49; al final de un par de páginas llenas de mediciones, Franklin vio que el patrón "sugiere que hay un número entero (o un número fraccionario sencillo) de residuos por giro de la hélice (si es que hay una hélice) aún en el estado 'húmedo'", notando que "al pasar de 'cristalino' a 'húmedo'... el período del eje de la fibra se extiende aproximadamente en un 25% (de 27 a 34 \AA)". Allí se detuvo y

puso a un lado las fotografías de la forma B, para continuar con la solución de la estructura A. Franklin abandonó su descubrimiento de la estructura B del ADN como la mejor evidencia de que esa estructura, cuando menos, era helicoidal. Fue una de esas dos fotografías, con mayor probabilidad la que tenía el número 51, la que Watson vio diez meses después y la que le dio la clave para entender; lo que provocó que él y Crick intentaran por segunda vez la construcción de un modelo. De tal manera que si Pauling hubiera ido a Londres para asistir a la discusión de la Royal Society el 1o. de mayo, no habría visto la fotografía más importante de todas, a menos que hubiera permanecido en Inglaterra por un largo fin de semana antes de visitar el King's College.

Difracción del virus del mosaico del tabaco

Esa primavera Watson también estaba trabajando en cristalografía. Su incursión dentro del virus del mosaico del tabaco empezó en el invierno y se alargó hasta el verano. El hecho de que el virus que causaba la plaga en el mosaico del tabaco podía precipitarse como un cristal, a partir del jugo de las plantas infectadas, fue descubierto por Wendell Stanley en el Instituto Rockefeller, en 1935. Esto constituyó el descubrimiento biológico más portentoso y al que más publicidad se le hizo durante esa década. La idea de una entidad viva, autorreproductora, que se comporta como una simple sustancia química para todo el mundo, como la sal o el azúcar, captó igualmente la atención de profanos y científicos: las implicaciones acerca del secreto de la vida eran, en esos días, amplias y provocativamente reduccionistas. Algunos años más tarde, cuando por primera vez se utilizó el microscopio electrónico para los virus, éste reveló bastoncillos sin rasgos distintivos y con una longitud y grosor aproximadamente 20 veces menor que muchos bacteriófagos; pero muy grandes comparados con, digamos, las moléculas de proteínas. Como en otros virus que atacan a las células de las

plantas, los ácidos nucleicos en el virus del mosaico del tabaco no son ADN, pero sí ARN; constituían el 6% de la partícula, el resto era proteína. No se trataba exactamente del sistema de virus y huésped con el que Watson estaba familiarizado, y tampoco era el ácido nucleico en el cual él estaba interesado.

Aunque las partículas del virus eran largas para una difracción de rayos X, Bernal y un colega habían ensayado algunas fotografías antes de la guerra. El resultado fue uno de los aspectos más sorprendentes en la investigación de rayos X: mostró que cada virus del mosaico del tabaco, por separado, estaba construido de subunidades idénticas que se repetían regularmente. Cuando Watson observó las fotografías de difracción de Bernal, todavía con las palabras de Crick zumbándole en los oídos, pensó que las fotografías sugerían aún más: que las subunidades estaban dispuestas helicoidalmente. Por analogía con el bacteriófago, la cubierta de proteínas envolvería el corazón de ácido nucleico. Para probarlo, Watson le pidió a Crick que le enseñara las matemáticas de las configuraciones helicoidales en la difracción de rayos X, y tuvo que convencer a otros para que le mostraran cómo cultivar y montar los cristales y cómo usar el equipo de rayos X. Sus primeros patrones de difracción fueron pobres. Esa primavera, se instaló en Cavendish un nuevo tubo de rayos X, rápido y más potente; con esto y un poco de práctica, las fotografías de Watson empezaron a mejorar. Más tarde, una noche de junio, Watson regresó al laboratorio para desconectar la máquina y revelar una fotografía. "En el momento en que coloqué el negativo, todavía mojado, sobre la pantalla de luz, supe que ya lo tenía", escribió. "Las marcas helicoidales reveladas eran inequívocas". A la mañana siguiente Crick confirmó que Watson había hecho un sólido descubrimiento. Aún más, tanto Watson como Crick podían ahora, instantáneamente, reconocer e interpretar en detalle los patrones de difracción de rayos X producidos por hélices.

En el King's College, Rosalind Franklin era la única persona en el mundo, esa primavera, que estaba

permanentemente trabajando en el problema de la estructura del ADN. Watson y Crick, en Cambridge, se inquietaban por ello de cuando en cuando, pero no se les permitía una búsqueda activa. Wilkins, en el King's College, entendió el interés del problema, pero no hacía demasiado caso. Pauling, en Caltech, por lo que dice en sus propios relatos y por lo que recuerdan las personas cercanas a su trabajo en ese entonces, estaba todavía interesado principalmente en las proteínas; en particular, en probar que las láminas plegadas, así como la hélice alfa, se podían encontrar como una estructura en los seres vivos.

Franklin murió a la edad de 37 años y fue una de las cuatro personas más cercanas al descubrimiento de la estructura del ADN

El problema que se presentaba a todos ellos era extremadamente sencillo: ¿de qué manera se unen los filamentos de moléculas de ADN? Sin embargo, hay varias formas de replantear lo que eso significa, de tal modo que cuando esta interrogante volvía a presentarse, sus aspectos se aclaraban para después confundirse de nuevo. Visto como un análisis excepcional en cristalografía pura, tal y como Franklin lo quería resolver, el problema era estático: exactamente, ¿dónde estaba cada grupo de átomos y cómo estaban alineados? Visto por Watson o Pauling, como la construcción de un modelo, los contornos correctos de las partes, y por lo menos, las amplias limitaciones en general, tenían que ser resueltos por el trabajo de bioquímicos y cristalógrafos y entonces la incógnita era geométrica: ¿de qué modo se podrían reunir todas las piezas sin romper alguna de las reglas? En el terreno de la biología funcional, fue Crick quien más claramente entendió el problema; aquí el dilema era dinámico: ¿cómo es que la estructura dictaba la reunión de réplicas de sí misma, para sí misma, con tanta precisión que el ADN podía contener el mensaje hereditario? Todas éstas eran realmente versiones del mismo problema. La respuesta a alguna de ellas sería la respuesta a todas.

La personalidad de Rosalind Franklin

"La cortesía —dijo Francis Crick, en una entrevista que dio en la BBC de Londres, cuando recibió el Premio Nobel en Fisiología o Medicina en 1962— es la ponzoña de toda buena colaboración en ciencia. El alma de la colaboración es la perfecta franqueza, rudeza si es necesario. Su prerrequisito es la igualdad de rango para permanecer en la ciencia, ya que si una figura tiene mayor jerarquía con respecto a la otra, la serpiente de la cortesía se introduce sigi-

losamente. Un buen científico aprecia la crítica casi más que la amistad; no, en ciencia la crítica es el realce y la medida de la amistad. El colaborador indica o aclara lo obvio con verdadera impaciencia. El detiene las insensateces". Crick hablaba de James Watson, el científico norteamericano, doce años menor que él, quien había sido su colaborador una década antes en el laboratorio Cavendish, en la Universidad de Cambridge, en el descubrimiento de la estructura del ácido desoxirribonucleico o ADN, la sustancia con que están hechos los genes. Por ese descubrimiento, Crick y Watson compartieron el premio Nobel junto con Maurice Wilkins del King's College de Londres.

Rosalind Franklin, en los dieciocho meses que transcurrieron más o menos desde el otoño de 1951 hasta la primavera de 1953, cuando ella también trabajaba sobre la estructura del ADN, en el mismo laboratorio que Wilkins en el King's College, no tenía tal colaborador. Está bien claro, a partir de sus apuntes, que ella necesitaba uno, y es también obvio por lo que sabemos de su carácter, que ella hubiera trabajado muy bien —abierto e intensamente si fuese necesario— con el colaborador adecuado. Franklin murió de cáncer en abril de 1958 a la edad de 37 años. Fue una



Rosalind Franklin en Francia alrededor de 1950

de las cuatro personas más cercanas al descubrimiento de la estructura del ADN.

Es difícil formarse una idea de la personalidad de Franklin a partir de los recuerdos de quienes trabajaron con ella, y esto se debe principalmente a que, a diferencia de los otros tres, ella no tenía un gran temperamento. Firmeza de carácter y un profesionalismo científico minucioso, fueron las impresiones más importantes que dejó Franklin; era, ante todo, resuelta. Delgada, caminaba con una energía desgarrada. Tenía una piel aceitunada, cabello grueso, oscuro y brillante, buena dentadura y ojos vivaces; se vestía con sencillez, pulcritud y buen gusto. Algunos la encontraban encantadora; otros femenina o extrovertida. Para muchos era apasionada en sus opiniones y argumentos. Dejó estos vívidos recuerdos pero solamente entre unas cuantas personas. Era reservada. Vivió su vida de tal manera para ser juzgada como una científica, o al menos así es como la consideraron sus compañeros. Tenía treinta y un años cuando Watson la conoció a finales del otoño de 1951: ocho años mayor que él y un poco más joven y más adelantada profesionalmente que Crick. Hasta qué punto Franklin afectó realmente la extrema e irritable sensibilidad con la que Watson examinaba el panorama humano, después de todo no lo pode-

mos decir. La "Rosie", en el libro *La doble hélice* publicado en 1968, es un grotesco armatoste con lentes apuntalados y medias azules, las cuales Franklin nunca usó en realidad; y el apodo que Watson tomó del laboratorio del King's College se mencionaba a espaldas de ella.

Rosalind Franklin fue educada en la escuela de St. Paul para niñas en Londres, una escuela privada de nivel académico sobresaliente. Más tarde enseñó química en Cambridge. Vino al King's College después de casi cuatro años en el laboratorio en París, donde había trabajado cristalografía del carbón y del grafito; sus investigaciones dejaron allí las bases o una buena parte de sus logros, lo que hoy se conoce como la tecnología de la fibra del carbono.

Era una físico-química talentosa cuando llegó al King's College, pero toda su experiencia había sido con materiales amorfos como el carbón y el carbón animal. Fue contratada por John Randall, el director del laboratorio de biofísica en el King's College en la primavera de 1950, y con la ayuda de Randall recibió una beca por tres años, por la época en que Maurice Wilkins y el estudiante graduado Raymond Gosling estaban obteniendo las primeras buenas fotografías de difracción de rayos X a partir de fibras de ADN en forma cristalina. La beca comenzaba en

septiembre, pero para poder terminar la parte experimental de su trabajo en París, retrasó su comienzo hasta el año nuevo. El cuatro de diciembre Randall le escribió a Franklin a París, sobre un detallado "cambio en el programa" para el trabajo que pronto comenzaría. Su carta decía, en parte:

La verdadera dificultad ha consistido en que el trabajo de rayos X se halla en una etapa indefinida y el enfoque de la investigación ha cambiado algo desde que usted estuvo aquí la última vez. Después de una muy cuidadosa consideración y discusión con las gentes de mayor jerarquía (*senior*), ahora parece que sería mucho más importante para usted investigar la estructura de ciertas fibras biológicas en las cuales estamos interesados, más que continuar el proyecto original de trabajo.

Por lo que se refiere al esfuerzo experimental de rayos X solamente estarán usted y Gosling, contando con la ayuda temporal de una graduada de Siracusa, la señora Heller. Gosling, en colaboración con Wilkins, ha encontrado que las fibras de ácido desoxirribonucleico derivadas del material entregado por el profesor Signer de Berna, proporcionan diagramas de fibra verdaderamente buena.

Como sin duda usted sabe, el ácido nucleico es un constituyente de suma importancia en las células, y a nosotros nos parece que sería muy valioso si esto pudiera continuarse en detalle.

En la carta existe un doble significado cuando se refiere a "consideración y discusión con la gente de mayor jerarquía" y "continuarse en detalle", pero prueba, especialmente a la luz de ese momento, que Franklin no fue originalmente traída a trabajar sobre el ADN en particular, y que cuando se le asignó el material ella tenía buenas razones para pensar que sería directora de un grupo independiente. La carta es el único documento que sobrevive y que sirve de prueba en los términos por los cuales ella llegó al laboratorio del King's.

Aunque en la Inglaterra de esa

época las mujeres a menudo eran discriminadas en ciencia, también es cierto que el laboratorio de biología de Randall les ofrecía mejores oportunidades que otros lugares. Como un laboratorio creado en la posguerra, éste era notablemente informal en su organización y en la juventud de su personal. El número de participantes fluctuaba; pero de treinta profesionales científicos en noviembre de 1952 (a finales del segundo año de Franklin) ocho o nueve eran mujeres, y cuatro de éstas estaban mejor preparadas que ella. Su cambio al laboratorio del King's ofrecía algunas inconveniencias como la de que siendo mujer se le negaba la beca del club de la cafetería, organizado para la comunidad de los profesores. Ella no protestó abiertamente pero estaba muy enojada, según decían sus amigos, porque pensó que Wilkins intentaba tratarla como ayudante, más que como a una colega. Continuó trabajando para lo que consideraba que había sido contratada.

En los últimos años de su vida, Franklin trabajó en el Laboratorio del cristalógrafo Desmond Bernal, en el Colegio Birbeck de Londres; allí se le unió un joven sudafricano, Aaron Klug, con quien colaboró estrechamente hasta su muerte. "Ella era una especie de persona firme —me dijo Klug hace algún tiempo—, era... no puedo decir que era como un hombre para nada, pero uno no pensaba en ella como si fuera particularmente una mujer." Franklin no era tímida ni modesta, pero tampoco pedante. Emitía sus opiniones con firmeza, pero pienso que la gente no estaba acostumbrada a tratar de estos asuntos con las mujeres, suponían que las mujeres deberían conducirse en forma diferente, es decir, más tranquilas. Franklin confiaba en el dominio de la razón, era muy racionalista. En varias ocasiones tuve discusiones con ella pero nunca pudo ver la fuerza de un argumento que no fuese la racional. Era muy resuelta, trabajaba bellamente. La clase de resolución que ella tenía, la convirtió en una investigadora experimental de primera clase, y este tipo de destreza requiere inteligencia y determinación, no es solamente un buen trabajo de costura.

Crick conoció a Franklin posiblemente en 1952 o 1953. "Después de que obtuvimos la estructura del ADN llegué a conocerla mejor —me dijo Crick hace algunos años—. Nos hicimos muy amigos y hasta venía a consultarme a menudo sobre asuntos de cristalografía de rayos X. Ella y mi esposa se llevaban bien pero, usted sabe, es muy difícil establecer exactamente cómo era ella, yo solamente la conocía como otro científico, realmente, y como a alguien que se convierte en una especie de amigo familiar. Encontré que era una buena científica. Franklin había hecho una

kins. Sin embargo, juntos llegamos a tener terribles discusiones. Su gran fuerza estaba en que uno podía sostener una discusión muy franca sobre el trabajo, sin que ella lo tomara como un asunto personal, era objetiva y presionaba a lo largo de la discusión hasta llegar a algo. Franklin nunca actuó así con Wilkins, aunque lo hizo conmigo. Si en alguna ocasión hubiera tenido a alguien de su propio nivel para sostener discusiones francas y acaloradas, eso podría haber ayudado. En diferentes ocasiones sentí que Wilkins estaba tratando en varias formas de estimular a Rosa-

Aunque en la Inglaterra de esa época las mujeres a menudo eran discriminadas en la ciencia, el laboratorio de biología de Randall les ofrecía mejores oportunidades que otros lugares

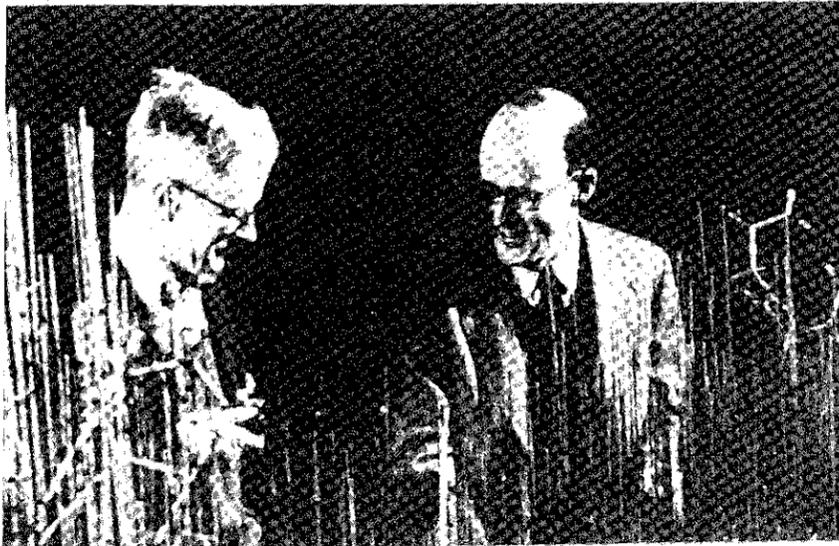
gran combinación con Aaron porque éste era muy eficiente, era realmente un teórico sólido y Rosalind una verdadera experimentalista. Ella también era sólida, trabajaba duro, sabía exactamente lo que tenía que hacer. Siempre fue una teórica adecuada, aunque no lo que yo llamaría muy imaginativa."

Las fotografías de Franklin

El único asociado de Franklin, cuando ya estaba trabajando sobre el ADN, fue Raymond Gosling, quien preparó su tesis doctoral bajo su dirección. "Rosalind tenía esa coraza profesional bajo la cual podía ser encantadora y tranquila —me dijo Gosling en 1975—. Creo que usted debe recordar que entonces era difícil para las mujeres desarrollarse en la ciencia, mucho más de lo que es ahora. Ella era una persona muy intensa, se podría decir, casi excéntrica y muy interesada en su trabajo. Tenía interés en la música y en el arte, entre otras cosas; si bien tenía grandes aficiones éstas no eran muy manifiestas hasta que usted llegaba a conocerla bien. Creo que Franklin era tímida, no era la clase de persona que permitiera que su imaginación se enfureciera abiertamente frente a las ideas estructurales de alguien como Wil-

lind a decir algo sobre la estructura, pero ella por su parte decía: "No vamos a especular, vamos a esperar a que las manchas en esta fotografía nos indiquen cuál es la estructura." Así pues, ya que aquí no había nadie que quisiera especular acerca de la estructura, Wilkins habló de ésta con Crick y Watson.

Franklin comenzó a trabajar sobre la cristalografía del ADN en donde Wilkins había terminado. Con Gosling, Wilkins había descubierto en la primavera de 1950 que las fibras delicadas del ADN preparadas cuidadosamente, y mantenidas en la humedad, se comportaban como una sustancia cristalina y proporcionaban abundante información de patrones de difracción de rayos X. Una de esas fotografías fue la que Wilkins mostró en la Conferencia en Nápoles en la primavera de 1951, la primera vez que Watson se interesó en la estructura del ADN. En el otoño de 1951, Franklin y Gosling continuaron trabajando hasta encontrar que cuando las fibras del ADN se mantenían húmedas mostraban una transición abrupta a una segunda forma, en la cual éstas se alargaban como por un cuarto y producían un patrón de difracción más simple y diferente, el que implicaba una estructura helicoidal. Franklin utilizó las designaciones A y B para las formas cristali-



John Kendrew y Max Perutz con parte de un modelo de la molécula de la hemoglobina

na y húmeda respectivamente. En la primavera de 1952, ella había obtenido excelentes fotografías de ambas formas; sin embargo, no sabía si la forma A o la B era la más importante en la naturaleza, así que en el verano de 1952 abandonó su propio descubrimiento de la forma B, para intentar la retadora tarea de resolver la forma A por medio de un razonamiento estrictamente cristalográfico a partir del patrón de difracción.

Ese verano Franklin y Gosling comenzaron con la molesta técnica matemática llamada Síntesis de Patterson, por medio de la cual ellos intentaban lograr la estructura de la forma A. "El significado físico de la así llamada Síntesis de Patterson es uno de los conceptos más difíciles en cristalografía", escribieron Max Perutz y John Kendrew en un artículo tres años antes del intento de Franklin. Ellos eran los miembros originarios de la pequeña unidad de investigación de las estructuras de moléculas biológicas en el laboratorio de Cavendish, bajo la dirección del profesor Sir Lawrence Bragg. Crick se le unió en 1949 cuando era un estudiante graduado de 33 años de edad, y Watson llegó en el otoño de 1951 con una beca posdoctoral. Perutz y Kendrew sabían, tan bien como cualquiera, lo difícil que era la Síntesis de Patterson, pues habían utilizado todo su ingenio y horas incontables en un esfuerzo por aplicar este método a las

proteínas con ligeros vislumbres de éxito, suficientes para animarlos a continuar. No necesitamos seguir a Franklin, está muy dentro de ese pantano.

El matemático Henri Poincaré dio una conferencia en París sobre la psicología del invento matemático en la cual, previniendo al público, señaló: "Debo decirles que he descubierto la prueba de un teorema en ciertas circunstancias. El teorema tendrá un nombre bárbaro, el cual algunos de ustedes nunca han escuchado, pero esto no tiene importancia; lo que es interesante para el psicólogo no es el teorema, sino las circunstancias." Nosotros podemos ampararnos en esa idea de Poincaré: la Síntesis de Patterson es uno de esos teoremas bárbaros.

La cristalografía

De seguro que los partidarios de la cristalografía encuentran que esta dificultad es un hermoso vástago, un medio indescriptiblemente sutil de representar gráficamente la estructura de una molécula, aunque no se tenga la suficiente información para hacerlo. Una Síntesis de Patterson inicialmente produce algo parecido a un mapa de contorno en geología (curvas y líneas que serpentean) de una milla cuadrada, particularmente

hacia arriba y hacia abajo como en las tierras bajas de Dakota. Sacar deducciones, con base en este mapa, sobre la estructura real es asunto complicado. Existía la esperanza de que en el primer paso se revelarían ciertas características: la presencia de bastones o cadenas de algo entre ellas, o alternativamente la de una estructura en capas, más algo de eso, y así sucesivamente. Estas claves, si la estructura fuese suficientemente regular, podrían definir su carácter de tal modo que el resto de los datos serían totalmente interpretados en tres dimensiones. El ADN es muy regular mientras que las proteínas, como se vio, no lo son, al menos la mayoría de ellas. Irónicamente, en el momento en que Perutz, Kendrew y Bragg estaban investigando (casi desesperados) otro enfoque para interpretar los patrones de difracción de rayos X de las proteínas, en especial la hemoglobina, Franklin estaba aplicando la Síntesis de Patterson a la estructura A del ADN.

Las mediciones y cálculos que ahora se podrían hacer con aparatos, Franklin y Gosling las hicieron a mano para el ADN. Escogieron las fotografías más detalladas de la forma A y las proyectaron, las agrandaron aproximadamente 10 veces, como si fueran diapositivas sobre un pizarrón blanco. Marcaron las posiciones de las manchas y estimaron la intensidad de cada una comparándolas con una escala brillante sostenida a lo largo. De inmediato encontraron que el ojo humano puede hacer cálculos más precisos que ningún otro instrumento disponible. A principios de julio, Franklin confirmó su conclusión, a la que había llegado en el verano anterior, es decir, que los cristales tenían una forma simétrica a la que los cristalógrafos llaman monoclinica y centrada en la cara; sin embargo, le faltó llegar a la conclusión de que a partir de esta simetría la molécula contenía dos cadenas que se dirigían por rumbos opuestos. El 2 de julio, un miércoles, ella bosquejó en su cuaderno de notas los principales contornos del primer mapa de Patterson (cuatro manchas), vagamente crecientes y una especie de pico irregular más grande en una esquina, que tenía la forma de un tape-

te de lana de borrego. Franklin midió tres distancias. El bosquejo sólo le produjo confusión. Ella escribió que la característica que más le llamó la atención, se repetía a través del mapa en otras crecientes. Podría ser que se acomodase a una curva calculada para una simple hélice de una banda con un diámetro de 13.5 Å, alrededor de cincuenta billonésimas de una pulgada, pero ese diámetro era imposible de conciliar con otras dimensiones del cristal.

Preocupada sobre las estructuras con hélices simples, las cuales pudo eliminar con facilidad, nunca recordó la idea de "dos, tres o cuatro cadenas de ácidos nucleicos coaxiales por unidad helicoidal", la que ella había mencionado cinco meses antes en un informe de su primer año de trabajo en el laboratorio del King's: "Si existe en la estructura una unidad plana como si fuera un plátano con los ejes de éste paralelos al eje de la fibra..." entonces la explicación debe ser "...más bien una estructura de doble hoja", y dibujó una docena más de pequeños plátanos vistos desde arriba y de costado. El cuaderno de notas de color rojo en el que había comenzado a escribir mientras hacía el registro fotográfico de rayos X en su mesa de trabajo, fue el lugar en que ella se refugió en un intento por dar a sus difíciles tanteos una forma coherente. Ese miércoles agotó el tema sobre hélices, plátanos y dobles hojas en un par de páginas. Al siguiente lunes los cálculos se habían extendido y sus notas se relacionaban con los picos que ella suponía observar pero que finalmente no había encontrado. Al decimoquinto día, en cinco líneas escuetas sacó la conclusión de que "...no hay una cadena estrecha y recta de alta densidad paralela al eje..." de las fibras. No volvió a escribir una línea más en su libreta hasta el siguiente mes, cuando regresó a las fotografías de rayos X, "...para buscar una orientación doble". Este fue un intento de repetir el efecto que en la primavera anterior había producido un patrón que más que nada la había convencido de que la estructura A no era helicoidal. Tomó fotografías casi todos los días hasta el 9 de septiembre y una más, la número 78, el 14 de octubre, todo esto sin éxito alguno.

Ese verano el problema que estaba en las mentes de Crick y Watson, aunque intermitente (ya que, entre otras cosas, después de un infructuoso intento para establecer la estructura, el otoño anterior Bragg les pidió que dejaran el tema al laboratorio de Randall en el King's College), era conocer las fuerzas que podrían sostenerse juntas, y cuáles serían las bandas que componen cualquier estructura de ADN en el espectro. Se sabía que cada banda era una tira de moléculas monótonas alternantes de azúcar y fosfato con un tercer componente, llamado base, prolongándose hacia un ángulo recto de cada azúcar. La base podría ser una de cuatro clases: dos grandes, de doble anillo, llamadas adenina y guanina, por todos

Las mediciones y cálculos que ahora pueden hacerse con aparatos, Franklin y Gosling las hicieron a mano para el ADN

conocidas como purinas; y dos más pequeñas de un solo anillo, llamadas citosina y timina, las que se conocen como pirimidinas.

El subensamblado de tres piezas de fosfato, azúcar y base fue llamado nucleótido. Las mediciones de densidad probaron que una molécula de ADN tenía más de una banda, aunque ellos no establecieron si había dos o tres. Las bandas podían estar sostenidas por los enlaces entre las estructuras que forman la fundamental (la banda de moléculas alternantes de azúcar y fosfato), o entre las bases. Watson supuso que pequeñas cantidades de magnesio estaban presentes junto con el sodio, en las preparaciones de ADN, o de algún otro modo en la célula viva, para conectar los fosfatos de dos o más estructuras fundamentales.

A finales de la primavera, Crick había comenzado a tomar en serio la segunda posibilidad, acerca de que las bases que sobresalen a lo largo cada unidad fundamental podrían unirse a las que sobresalen a lo largo de la otra cadena. Las bases eran los componentes variables del ADN. Para estar libres y llevar el mensaje genético, estos componentes tenían que variar, y por esto mismo era difi-

cil concebir cómo se acomodaban. Y si estaban juntas, ¿de qué forma? ¿Había alguna selectividad sobre la cual se unían las bases?, ¿cuál? A mediados de 1952 Crick todavía estaba imaginando, no que las bases podrían acoplarse a lo largo de un plano como los dominós en el juego, sino más bien que podían estar interfoliadas como dos pisos de cartas que habían sido barajeadas. El rechazó los puentes de hidrógeno entre las bases, porque los libros de texto mostraban que los átomos de hidrógeno alrededor del borde de las bases no estaban unidos en forma estable, sino que podrían brincar hacia adelante o hacia atrás entre dos posiciones del anillo, en lo que se llamaba 'cambios tautoméricos'. Intrigado acerca de otras

fuerzas de unión, se preguntaba si las bases se atraían cuando eran parecidas una a la otra. Aun así, al enumerar las opciones, me advirtió en una conversación, que él las había visualizado más claramente en aquel momento de lo que ahora estaba seguro que había hecho. "Realmente, la pregunta era: ¿había algún acoplamiento?, ¿de qué forma?"

El interés de Crick fue irregular. No hizo los cálculos él solo, sino que casualmente le pidió ayuda a John Griffith, un joven matemático en Cambridge, para que éste encontrara de qué manera las cargas eléctricas en cada base podrían causar que la adenina atrajera a la adenina, la timina a la timina y así sucesivamente, para mantener la estructura junta. Tal atracción explicaría también cómo la cadena se duplica a sí misma, es decir, lo parecido con lo parecido. Algo que Crick y Watson no supieron fue que Griffith había estado especulando sobre el acoplamiento de las bases, aunque no el de las similares, sino más bien una purina unida a la otra (adenina con guanina) y una pirimidina a la otra (citosina con timina). Griffith, sin decir nada sobre su teoría del acoplamiento, estuvo de acuerdo con probar la teoría de Crick.



Una de las primeras fotografías que se obtuvieron de difracción de rayos X del ADN. De acuerdo con este tipo de fotografía, las moléculas de ADN están arregladas en fibras delgadas, alargadas y de una anchura uniforme (15-20Å). (Cortesía de M.H.F. Wilkins, King's College, Universidad de Londres.)

Los cálculos de Griffith

Las bases en mecánica cuántica para tales cálculos, cuando las unidades eran tan grandes como las purinas y las pirimidinas, fueron tentativas y el mismo Griffith consideró sus resultados solamente como aproximados. Varios días más tarde, cuando los dos estaban haciendo cola para el té en Cavendish, Crick le preguntó a Griffith si ya había completado los cálculos. Griffith respondió afirmativamente: "Encuentro que la adenina atrae a la timina, y la guanina atrae a la citosina." Y por su parte Crick, como le dijo al historiador inglés Robert Olby en 1968, respondió: "Bueno, todo esto está bien, está perfectamente bien. A produce B, y B produce A, usted sólo tiene una duplicación complementaria."

Entra ahora el espíritu inquieto de Erwin Chargaff. Los acoplamientos de adenina con timina y de guanina con citosina son la regularidad curiosa (los cocientes de uno a uno), en la composición del ADN obtenida de fuentes amplias y diversas, desde la bacteria hasta el hombre, las cuales Chargaff había indicado en un trabajo por primera vez en 1950. Lo que recuerda Watson aquí, difería de lo de Crick. Watson dijo en *La doble hélice* que conocía los cocientes de Chargaff

y que se los había mencionado a Crick un poco antes de la conversación con Griffith. Sin embargo, Crick me dijo que si él hubiera estado consciente de las reglas de Chargaff, habría obtenido más de los resultados que obtuvo Griffith. "Como yo no las conocía, estoy seguro de que no tenía conciencia de las reglas de Chargaff en esa época. Si Jim me lo había dicho, ya lo he olvidado." En el trabajo de una colaboración exitosa algunas veces uno puede llegar a los enfoques contrastantes que surgen del resultado compartido. Por esto, uno puede darse cuenta en detalle de qué manera lo que Watson y Crick sabían en la primavera de 1952, aun cuando coincidía, no dio resultado. Lo que llamó la atención de Crick en su intercambio con Griffith fue la idea de que la duplicación fuera complementaria. Esta duplicación y el concepto referido a que las moléculas pueden tener superficies que actúen como moldes, sobre las cuales otras se forman, han sido muy difundidas por la biología de hoy con un inmenso poder de explicación. En 1952, éstas fueron un par de nociones teóricas (discutidas quizá, pero todavía ausentes de sus primeros ejemplares).

Más o menos en ese mismo tiempo, Crick se dio cuenta de por qué Rosalind Franklin intuyó que la prueba contra una estructura helicoidal para el ADN era forzosa, cuando menos para la forma A, o sea, la forma cristalina. "Yo la conocí cuando hacíamos cola en una reunión en el laboratorio zoológico —me dijo Crick—. Tuve una ligera impresión de Rosalind antes de lo que aconteció en 1953. Después de que obtuvimos la estructura llegué a conocerla un poco mejor. Creo que siempre acostumbrábamos adoptar una actitud *a priori* protectora hacia ella. Cuando nos dijo que el ADN no podía ser una hélice, nosotros respondimos: 'tontearías', cuando dijo que sus medidas mostraban que no podía ser, nosotros contestamos: 'Bueno, pues están equivocadas'. Usted ve, ésta era nuestra actitud." Yo le mencioné la fotografía que tomó Franklin de la forma A mostrando una "doble orientación", en la cual las intensidades eran demasiado asimétricas para encuadrar en una hélice. "Eso es correcto. Esa fue", dijo Crick. El expli-

có que con moléculas helicoidales eso podía ser fácil, con un empaque asimétrico pequeño y poco común, paralelo a las moléculas en la muestra, a fin de producir las clases de asimetrías que Franklin había encontrado en el patrón de difracción de rayos X. "O sea que el resultado podía ser artificial, como usted puede darse cuenta. Lo cual Rosalind y Gosling no entendieron. Yo no vi la foto en esa ocasión, ni la examiné en detalle. Franklin me habló de ella cuando nos conocimos y yo solamente dije: '¿Sabe?, yo creo que es engañosa'." Como Crick lo reconoció, sus modelos podían haber sido protectores. Franklin mostró una torpeza dolorosa para responder intuitivamente, debido a su poca estimación hacia el hombre y al consejo de Crick en ese encuentro.

El encuentro de Watson, Crick y Chargaff

Entonces, inevitablemente, Chargaff llamó la atención de Crick. Llegó a Cambridge a fines de mayo. John Kendrew organizó una comida en el Peterhouse, su colegio, en la que presentó a Watson y Crick con Chargaff. Una reunión de tres hombres más propensos al desprecio volátil sería difícil de imaginar. Los tres recuerdan vivamente el encuentro: "El hizo mofa de mi pelo y de mi acento, ya que yo venía de Chicago y no tenía posibilidad de actuar de otra manera —escribió Watson en *La doble hélice*—. El punto culminante en la burla de Chargaff llegó cuando orilló a Crick a admitir que no recordaba las diferencias químicas entre las cuatro bases."

Chargaff puso el énfasis en otra cosa cuando lo fui a visitar al Centro Médico Presbiteriano de Columbia donde trabajaba. Sus laboratorios y oficinas estaban muy arriba, en la quietud apartada, en el interior de ese gran hospital amurallado de la ciudad, y con las ventanas cerca de su escritorio orientadas hacia el río Hudson, las palizadas de New Jersey y el puente George Washington. Un enorme diccionario Webster abierto estaba detrás de él. "Mi punto de vista acerca de la ciencia es minoritario, por supuesto —dijo Chargaff—, es un

punto de vista más bien compartido por filósofos y humanistas. El reconocimiento público que se les da a los científicos es exagerado, son tan brillantes como puedan ser individualmente. En mi opinión la ciencia de hoy, especialmente la biología, manifiesta un síntoma claro de la decadencia de Occidente. Toda esta conversación bochornosa sobre la creación y la multiplicación será calificada como el barbarismo del siglo veinte." Se detuvo para encender su pipa, vestía una bata blanca de laboratorio, su cabello también blanco era grueso y estaba ajado, su cara bronceada, con facciones claras y una boca flexible.

Le pregunté a Chargaff lo que recordaba sobre su primera reunión con Crick y Watson. "La descripción de Watson es bastante correcta —dijo—. Me impresionaron por su extrema ignorancia, ¡sobre todo Watson! Nunca conocí a dos hombres que sabiendo tan poco aspiraran a tanto. Ellos lo intentaron de una manera jocosa y picaresca, gente joven y muy brillante que no sabía mucho. No parecía que conocieran mi trabajo, ni siquiera la estructura y la química de las purinas y las pirimidinas. Pero me dijeron que querían construir una hélice, un polinucleótido, para competir con la hélice alfa de Pauling, una estructura fundamental en las proteínas que Pauling había encontrado y bautizado en 1951. Hablaron tanto de *pitch* que recuerdo haber escrito más tarde 'Dos *pitchers* en busca de una hélice.' Les expliqué nuestras observaciones de las regularidades en el ADN y les dije que la adenina es complementaria a la timina, la guanina a la citosina, las purinas a las pirimidinas, y que cualquier estructura tenía que tomar en cuenta nuestras relaciones de complementariedad. Me pareció una atmósfera intelectual típicamente británica de poco trabajo y mucha plática. Crick y Watson son muy diferentes el uno del otro. Watson es ahora un eficaz administrador de la ciencia. En ese aspecto él representa muy bien al tipo de empresario norteamericano. Crick es algo distinto, más brillante que Watson pero habla mucho, de tal manera que dice muchas insensateces."

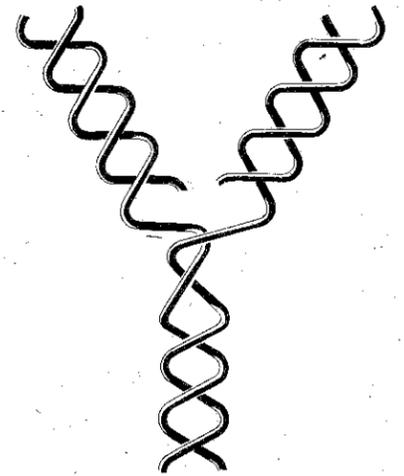
Unos minutos después, Chargaff añadió: "A Pauling, en su modelo estructural del ADN, le faltó tomar en cuenta mis resultados. La consecuencia fue que su modelo no tenía sentido a la luz de las pruebas químicas."

En la ocasión en que Chargaff conoció a Watson y Crick, yo le pregunté que si él mismo había entendido la trascendencia de los cocientes de uno a uno que había descubierto entre las bases. Chargaff contestó lenta y claramente: "Sí y no. No, yo no construí una doble hélice."

Tal y como Crick describe la reunión a Robert Olby, él y Watson colocaron a Chargaff "ligeramente en la defensiva". Al hablar de las estructuras "...nosotros le dijimos, como muchachos de la proteína: 'Bueno, ¿usted sabe a qué ha conducido todo ese trabajo del ácido nucleico? No nos ha dicho nada de lo que deseamos saber.' Chargaff contestó: 'Bueno, por supuesto, ahí están los cocientes de uno a uno'. Entonces yo exclamé: '¿Qué es eso?', y él contestó: 'Bueno, está publicado'. Desde luego que yo nunca había leído la literatura, así que no podía saberlo. Entonces me dijo: 'Bueno, quiero decir que el efecto fue eléctrico'. Esto es lo que yo recuerdo. De repente me di cuenta; ¡claro!, si se tiene una duplicación complementaria uno puede obtener cocientes de uno a uno."

Pero Crick había olvidado qué bases le había dicho Griffith que se acomodaban una con otra. Después de conocer a Chargaff fue a preguntarle a Griffith sobre las bases, y para entonces ya no estaba seguro de cuáles le había dicho Chargaff que eran complementarias; así es que tuvo que buscar, para su deleite, en los trabajos publicados. Los datos de Griffith concordaban con los de Chargaff.

"Usted recordará, a partir de la historia de este asunto, que yo me di cuenta de que los cocientes de uno a uno podrían significar una duplicación complementaria —me dijo Crick—. Es un asunto interesante saber si en nuestros días al tener una idea la podemos publicar inmediatamente, puesto que se podría perfectamente escribir una pequeña nota diciendo que los cocientes uno a uno significan que las cosas van juntas, y esto es al mismo tiempo una duplica-



Este modelo muestra que antes de la duplicación de las dos cadenas de la molécula original, éstas se separan y cada cadena actúa como un molde sobre el cual se sintetiza una nueva. Una vez terminada la síntesis, se predice la formación de dos moléculas idénticas a la original. Sin embargo, éste modelo no explica el mecanismo para el desenrollamiento y la síntesis

ción complementaria. Pero yo era precavido, inclusive ahora, y en aquellos días ni siquiera se me ocurrió publicar sin tener alguna forma de apoyarme en pruebas. Nosotros podríamos darnos el lujo de tener una bella idea como ésa, y dejarla reposar por un año, hablando de ella tan sólo con nuestros amigos, y nadie más lo sabría."

Sin embargo, Crick estaba suficientemente emocionado como para idear un experimento que pudiera mostrar si las bases en solución se podrían acoplar espontáneamente, en alguna forma preferentemente, y hasta él mismo hizo la prueba en la mesa del laboratorio durante una semana a finales de julio. "Los experimentos consistieron simplemente en mezclar los materiales en solución y buscar la forma en que absorbían la luz ultravioleta. Pero ahora sabemos que desde antes pudo haber sido establecido con los medios técnicos al alcance. Sin embargo, yo no pude. Yo tenía otras cosas que hacer, usted debe recordar que era estudiante de investigación en mi cuarto año, y en aquellos días producir cualquier cosa que valiera la pena en cristalografía

de proteínas, tan sólo una tesis, era realmente mucho. Bragg estaba preocupado. Jim, por otra parte, ya había obtenido su doctorado y podía darse el lujo de estar más tranquilo."

Watson pasó gran parte del verano en conferencias sobre biología en Francia e Italia, sumergiéndose en el mundo de la investigación dentro de las bacterias y sus virus, bacteriófagos, lo que había servido para su aprendizaje científico, y se encontró viejos amigos de aquel círculo conocido como "el grupo de los fagos", principalmente con su mentor y coresponsal, Max Delbrück, del Insti-

estómago. Permaneció convencido de que los iones de magnesio se unían al ADN; concluyendo con Crick que era muy posible que el ácido ribonucleico desempeñara un papel intermediario entre el ADN y la producción de proteínas, golpeó en la pared por encima de su escritorio (se hizo una leyenda sobre este hecho). Empezó un trabajo acerca de factores sexuales y cromosomas de bacterias comunes de laboratorio *Escherichia coli*, con William Hayes, en Londres; a quien había conocido en una conferencia en Italia. Watson cenó varias veces con Wilkins al regresar de sus

La duplicación y el concepto referido a que las moléculas pueden tener superficies que actúen como moldes, sobre las cuales otras se forman, han sido muy difundidas por la biología de hoy con un inmenso poder de explicación

tuto Tecnológico de California (Caltech). Linus Pauling también recorrió esas conferencias. El Departamento de Estado, quien le había negado el pasaporte para viajar a Inglaterra en el mes de mayo porque había sido acusado (aunque esto era falso) de ser comunista, se había retractado y le extendió un pasaporte válido sólo para Francia e Inglaterra por tres meses.

Cuando Watson regresó a Cavendish, hacia finales de septiembre, encontró que él y Crick tenían dos nuevos colegas. Ambos eran cristalógrafos en el Caltech: el hijo de Pauling, Peter, en Cambridge como un estudiante de investigación de John Kendrew; y Jerry Donohue, antiguo estudiante graduado de Linus Pauling, quien estaba allí con una beca de posdoctorado y al cual le habían asignado un lugar en la oficina de Watson y Crick. El cuarto era grande y sin adornos, con cuatro escritorios cerca de las paredes (Crick estaba a la derecha, cerca de la ventana, al lado opuesto de Watson) y una mesa en medio. Ese otoño, Watson se cambió de su cuarto en la casa de Kendrew a los dormitorios del College Clare, cerca del río, con algunos de los más bellos jardines a lo largo de las riberas. Tenía problemas con su

reuniones con Hayes.

Ese otoño, cuando Wilkins volvió al King's College de Londres de una serie de conferencias en Río de Janeiro, empezó con un estudio microscópico de las células de las plantas, utilizando el polen de una planta conocida como *spider wort*, a fin de medir la cantidad total de proteínas y ácidos nucleicos en la célula y su aumento relativo durante el crecimiento y la división celular. El método, diseñado por él mismo, era nuevo. En esa época Wilkins y Franklin estaban trabajando completamente separados. "Dejé de trabajar sobre el ADN —dijo Wilkins en una conversación reciente—. Ella nos había convencido de que el ADN no era helicoidal. Por lo tanto Stokes y yo nos rendimos por un tiempo." Alexander Stokes era el cristalógrafo teórico en el laboratorio del King's College y un experto en la teoría de difracción helicoidal. Franklin, entre tanto, había estado en contacto con Bernal en la pasada primavera en el Birbeck College para preguntarle si se podía unir a su laboratorio. A Bernal le gustó la idea y el 19 de junio Franklin le escribió para decirle que había hablado con Randall en el King's y que éste no tenía ninguna objeción. Así Franklin completaba sus planes de acción.

Estudios sobre la hélice alfa

Cuando Linus Pauling regresó a Caltech de sus conferencias por Europa, terminó un manuscrito que daba un paso más en su descubrimiento publicado diez y ocho meses antes sobre la hélice alfa, en donde explicaba cómo la hélice alfa en la queratina (la proteína fibrosa de pelo, cuernos y uñas) estaba sobrenrollada, sobre sí misma, como los cordones que quedan juntos en un cable. Envío el manuscrito al otro lado del Atlántico a la revista *Nature*, y llegó casi simultáneamente al trabajo de Francis Crick sobre el mismo tema, una coincidencia que iba a originar una disensión sobre la prioridad. Pauling comenzó entonces a leer intensamente, aunque más selectivamente de lo que se daba cuenta, a través de la literatura sobre la fisico-química del ADN, y a revisar fotografías de difracción de rayos X de ese material. Leyó un trabajo que justamente acababa de aparecer (algunas revistas científicas a menudo sufren de un retraso de varios meses); era el tratado matemático completo de Crick, con William Cochran y Vladimir Vand, sobre los patrones de rayos X producidos por moléculas helicoidales. En realidad, casi toda la ventaja de información que Crick y Watson habían tenido en ocasión de su primer intento para la estructura del ADN un año antes, ahora se había disipado por la aparición de un trabajo u otro. La mayoría de las piezas de la estructura estaban dispersas en la literatura esperando ser reunidas. Así que Pauling leyó el último trabajo publicado ese verano de 1952 por un grupo de bioquímicos de Cambridge conducido por Alexander Todd, quien había establecido químicamente cuáles átomos estaban unidos para mantener la estructura fundamental de la molécula reunida del ADN (un fosfato con el tercer carbono del anillo del azúcar, el quinto carbono del azúcar al siguiente fosfato). El recordó que Todd le había dicho algo sobre el enlace del tercer carbono con el quinto carbono, durante una reunión de la Sociedad Americana de Química en Nueva York en 1949.

Pauling también examinó los últimos resultados del microscopio electrónico, un trabajo de la primavera pasada y otro todavía en prensa, concluyendo que el diámetro de la molécula del ADN era del 18 a 20 Å, o sea de 70 a 79 mil millonésimas de pulgada. Leyó una propuesta del cristalógrafo noruego Sven Furberg sobre una configuración estándar tridimensional para los nucleótidos y de una hélice de una sola banda, la que se publicó ese verano en una revista escandinava de química, tres años después de que la planteó Furberg en su tesis doctoral, bajo la supervisión de Bernal, en Londres. Pauling leyó también otro trabajo más accesible de Furberg, el cual presentaba cristalográficamente la estructura en ángulo recto que una de las bases del ADN (la citosina, en este caso) establecía con el azúcar desoxirribosa.

Por supuesto que la comprensión que tenía Pauling sobre longitudes y ángulos de enlaces, así como de átomos que se unen para formar moléculas, no tenía paralelo en el mundo. Releyó todo lo que William Astbury, el cristalógrafo de la Universidad de Leeds, había publicado sobre el ADN. Antes de la guerra, Astbury y su ayudante de investigación, Florence Bell, tomaron las primeras fotografías de difracción de rayos X del ADN y éstas mostraron que las bases estaban hacinadas con 3.4 Å de separación, con una repetición más grande de casi 27 Å. En 1947 Astbury había publicado cálculos de la densidad del ADN. Pauling aparentemente no buscó nada de lo publicado por Erwin Chargaff. Cuando hablé con Pauling le pregunté sobre esta omisión y él me respondió: "Yo sabía sobre los cocientes de uno a uno, porque vi a Chargaff en diciembre de 1947 y él me lo dijo. Pero él no había logrado representarlo en imagen física."

A finales de noviembre, Franklin y Gosling habían completado la primera parte de la Síntesis de Patterson de la forma A del ADN. No pudieron aclarar las regularidades estructurales que buscaban como claves para el siguiente paso. Franklin todavía creía que la estructura de la forma A no podía ser una hélice. Ella estaba preparando dos trabajos para su pu-

blicación: el primero se refería a que el contenido de agua causaba que las fibras de ADN se alargaran reversiblemente y cambiaran de la estructura A a la B; y el segundo describía el mapa preliminar de Patterson para las relaciones atómicas dentro de la estructura A. Al mismo tiempo, sin ningún modelo en mente, ella y Gosling comenzaron a tratar de reorganizar sus datos en una solución tridimensional completa.

Al finalizar noviembre, Randall, del King's College, le pidió a cada científico o equipo en su laboratorio la redacción de unos cuantos párrafos describiendo sus avances en el

"Dejé de trabajar sobre el ADN —dijo Wilkins en una conversación reciente—. Franklin nos había convencido de que el ADN no era helicoidal"

trabajo, de tal modo que él pudiera reunirlos para un informe al Comité de Biofísica del Consejo de Investigación Médica. Este Consejo estaba formado por la oficina de gobierno que otorgaba el dinero. El Comité de Biofísica se había instalado cinco años antes con el fin de mejorar las comunicaciones entre los diferentes laboratorios en Inglaterra y Gales, los que eran financiados por el Consejo y estaban haciendo investigaciones interdisciplinarias. El Comité estaba formado por los jefes de esas unidades, de tal modo que incluían, además de Randall, a Max Perutz.

El informe de Randall consistía en doce páginas mimeografiadas y no incluía fotografías. Los párrafos de Franklin y Gosling informaron de varios aspectos sobre el ADN, en forma explícita y precisa. Escribieron que la transición de la primera a la segunda estructura se caracterizaba por un cambio de 28 a 34 Å en la distancia a lo largo de la fibra donde la estructura comienza a repetirse a sí misma. Ellos también enumeraron las dimensiones de la unidad celular de los cristales de la forma A (tres longitudes para los bordes y un ángulo); dijeron que los cristales eran monoclinicos y centrados en la cara, pero una vez más no sacaron conclusiones acerca de esto. Las medidas no fue-

ron muy diferentes a las cifras preliminares que Franklin había incluido en sus notas para la conferencia en el coloquio del King's College, a donde Watson había asistido trece meses antes. Los miembros del Comité de Biofísica, incluyendo a Perutz, visitaron el King's College el 15 de diciembre y entregaron copias del informe.

Unos pocos días después, Peter Pauling vino a la oficina de Watson y Crick para decir que acababa de recibir una carta de su padre, quien había mencionado de paso que había diseñado una estructura para el ADN. Las memorias de Watson retroceden hasta ese día con desespera-

ción exagerada y con determinación: "Crick comenzó entonces a caminar por todo el cuarto pensando en voz alta, esperando con un gran fervor intelectual poder reconstruir lo que Pauling pudo haber hecho. Ya que éste no nos había dado la solución, nosotros obtendríamos el mismo crédito si lo anunciábamos al mismo tiempo." No se tomó ninguna resolución. Unos días más tarde Watson vio a Wilkins en Londres y le dio las noticias. "Yo esperaba que la urgencia causada por el asalto de Linus al ADN le haría pedirnos ayuda a mí y a Crick", escribió Watson. El y Crick estaban todavía inmovilizados debido a la prohibición impuesta por Bragg para seguir trabajando sobre el ADN. Wilkins contestó lo que Franklin había dicho: que se cambiaba a Birbeck en esa primavera, que no continuaría con el ADN, y que él mismo se encargaría del problema en cuanto Franklin se retirara. Watson se fue a esquiar a Suiza durante las vacaciones de Navidad.

El manuscrito de Pauling

Un científico que había trabajado en Caltech ese invierno, me dijo que Pauling se sentía deprimido por las dificultades políticas que estaba te-

nicndo (como las acusaciones de simpatía comunista, hechas por un testigo ante un comité de investigación especial de la Cámara de los Representantes, y el conflicto con la administración del Caltech por su campaña contra las armas nucleares), cuando unos colegas le pidieron el 24 de diciembre que les enseñara el modelo que había construido para el ADN, después de lo cual se sintió muy animado. El 31 de diciembre, Pauling y Robert Corey, su colaborador por mucho tiempo, enviaron su manuscrito describiendo el modelo y las pruebas a las Sesiones de la Academia Nacional de Ciencias. Ese día,

sobre cómo curar el cáncer. Para el 19 de enero, en el King's College, Franklin comenzó un nuevo cuaderno de notas, grande grueso y con cubierta color café claro. Los cálculos para el mapa tridimensional de Patterson de la forma A, estaban bastante adelantados, de tal modo que era tiempo de ver cuál podía ser la estructura.

En verdad, ya era el momento de construir modelos. Franklin había abandonado la "estructura de doble hoja" paralela a la de "unidades como plátanos" que había bosquejado en su libreta de apuntes el verano anterior, pero todavía rechazaba una hé-

Los cálculos para el mapa tridimensional de Patterson de la forma A estaban bastante adelantados, de tal modo que era tiempo de ver cuál podía ser la estructura

Pauling escribió otra carta a su hijo Peter en Cambridge, en la que le avisó del manuscrito puesto en el correo y le preguntó si deseaba ver una copia. El 2 de enero de 1953, Pauling y Corey enviaron una nota de 24 líneas a la revista *Nature*, anunciando la caracterización de la estructura y diciendo que la descripción detallada aparecería en el número de febrero de *Proceedings*. La carta apareció publicada en *Nature*, el 21 de febrero.

Los tambores comenzaron a sonar. El 6 de enero Franklin le escribió a Robert Corey pidiéndole detalles sobre la estructura. Corey contestó hasta el 13 de abril.

Watson, una vez que terminó sus vacaciones, fue a Milán para discutir sobre genética bacteriana. A mediados de enero regresó a Cambridge y le pidió urgentemente a Peter Pauling que escribiera a su padre pidiéndole una copia del manuscrito.

El lunes 19 de enero, en Pasadena, Pauling dio una conferencia de prensa sobre la hélice alfa en la que anunció el superenrollamiento de la hélice alfa en las proteínas fibrosas. No mencionó al ácido nucleico. El *New York Times* le dedicó un par de párrafos al siguiente día, y un largo artículo no muy claro el siguiente domingo, en el cual el reportero se preocupaba

lice y explicó sus razones en una página bajo el título "Búsqueda de una alternativa". Al final de su nota creyó que ya la tenía caracterizada: "estructura en forma de 8 (en proyección)". Entonces luchó durante páginas y horas con las más difíciles complejidades de la Síntesis de Patterson, dibujando puntos y rejillas, manchas fuertes y ligeras, tratando de guiar sus dedos imaginarios, conformando el aire en la caja oscura de las posibilidades. Dos páginas más adelante ella escribió, al lado de un esquema de una unidad estructural de siete nucleótidos, que era imposible "...conciliar la secuencia de los nucleótidos con el análisis de Chargaff".

Unos renglones más adelante, y quizá unos días más tarde (ya que su tinta cambió a un azul más brillante), Franklin volvió al problema y escribió: "Lo más cercano a un acuerdo con el análisis de Chargaff sería 4 purinas y 3 pirimidinas, con dos purinas y dos pirimidinas ocupando posiciones equivalentes." La duplicación complementaria, la noción de que había una base estructural para los cocientes de Chargaff, se prende y se apaga como un motor que no se movería en ese glacial día de enero. Ella comenzó a escribir sobre la construc-

ción de modelos que la escala sería de media pulgada equivalente a un Å, los fosfatos serían esferas de madera, y el anillo del azúcar estaría hecho de alambre siguiendo la configuración de Furberg. Varias páginas más adelante dibujó un esquema exhaustivo y completo del listón de cola de cometa de la figura, lo que en realidad era una pseudohélice que estaba buscando.

El lunes 26 de enero, Franklin escribió sobre los requerimientos para un "modelo de alambre de la cadena de la estructura fundamental y azúcares cíclicos", y bosquejó artefactos hechos de pequeños resortes de alambre que permitían la rotación libre en los enlaces que no eran rígidos. Toda esa semana continuó dibujando azúcares cíclicos, grupos fosfato, longitudes y ángulos de enlaces, y figuras de ocho construcciones. Estuvo tenaz e ingeniosamente luchando en la dirección equivocada.

Probablemente el miércoles 28 llegó a Cambridge la copia del manuscrito que Pauling había enviado a su hijo y a Sir Lawrence Bragg. "La expresión de Peter reveló algo importante en cuanto entró por la puerta, y mi estómago se hundió por la aprensión al saber que todo estaba perdido", escribió Watson quince años más tarde. El recordaba que obtuvo el manuscrito antes de que Crick pudiera pedirlo.

Leer un escrito de un gran científico que está totalmente equivocado es un ejercicio raro, y hacerlo años después del suceso incita a una clase de meditación histórica que los científicos deberían tratar de aprovechar, tanto para su propio sentido del método como para su vanidad; pero ellos casi nunca lo intentan porque les gusta leer el lado filosófico del tema, tan de cerca que hasta pueden escuchar el siseo. Los grandes errores públicos no están impresos en las colecciones de los escritos clásicos, aunque algunos debían estarlo para darles sazón. Para leer el artículo de Pauling "Una estructura propuesta para los ácidos nucleicos" de la forma en que Watson o Crick debieron hacerlo, se necesitaría estar emocionado con cada sutileza del tema y verdaderamente no esperar nada de antemano; entonces se formaría el concepto

en nuestra mente para darnos cuenta que algo puede, debe estar o está equivocado. Esa experiencia debió ser rara en un tiempo en que el trabajo era desempeñado por figuras tan sobresalientes como Pauling.

Tres cosas del escrito de Pauling, difíciles de caracterizar, llamaban la atención. "Ahora hemos formado una estructura prometedora para los ácidos nucleicos, por medio del uso de los fundamentos generales de la estructura molecular y la información disponible sobre estos mismos. La estructura no es vaga... Esta es la primera estructura descrita con precisión para los ácidos nucleicos que haya sido sugerida por algún investigador... y no se puede considerar que fuera comprobada como correcta." El escrito era también extraño y completamente sintético, y en él no proporcionó datos nuevos ni propios sobre el ADN. Las densidades y las fotografías de difracción de rayos X utilizadas eran las que publicó Astbury poco después de la guerra.

"Nuestras propias preparaciones han dado fotografías de alguna manera inferiores a aquéllas." Las dimensiones, los enlaces químicos y lo demás salió de la lectura de Pauling, todo, menos las técnicas de construcción de modelos, y éstas fueron sacadas directamente de su trabajo sobre la hélice alfa. Pero el contraste con el escrito, de hacía 22 meses anunciando la hélice alfa, era ineludible. La confianza de ese trabajo se había basado firme y sólidamente desde la primera fase en quince años de investigación detallada de la estructura atómica de sustancias más sencillas relacionadas con las proteínas. El nuevo trabajo era peculiar en un tercer aspecto. Aunque siempre se había pensado en la estructura del ADN de Pauling, el hecho es que hasta este título parece reclamar una estructura correcta para los ácidos nucleicos en general, incluyendo también al ARN, —una reclamación que fue bioquímicamente extraña.

Después de una duda a la mitad de la introducción, Pauling recuperó su autoridad y entró animosamente en la batalla escribiendo: "La estructura que proponemos es de tres cadenas, y cada una de éstas es una hélice." Los nucleótidos deben estar se-

parados 3.4 Å a lo largo de cada hélice, el tornillo completo daría una vuelta completa de 27.1 Å. Ambos valores están satisfactoriamente cercanos a las cifras canónicas de Astbury. Es decir que había tres cadenas que elevaban la densidad lo suficiente para estar de acuerdo con los cálculos de Astbury. Las estructuras fundamentales del fosfato estarían entrelazadas en el eje y las bases orientadas hacia afuera, ya que son demasiado regulares como para acomodarse en el interior, tal y como Watson se dio cuenta inmediatamente, con una sacudida de alarma, lo que le recordaba el modelo de tres bandas que él y Crick habían aban-

Las tres hélices estaban unidas en los fosfatos, según Pauling, por medio de puentes de hidrógeno, aunque sus figuras no lo muestran claramente

donado catorce meses antes. ¿Se les había escapado entonces? "La primera pregunta a la cual responder fue sobre la naturaleza del núcleo de la molécula de tres hélices, la parte de la molécula más cercana al eje." Pauling escribió: "Para la estabilidad de la molécula es importante que los átomos estén bien empaquetados todos juntos", y esto era más difícil de arreglar cerca del eje que lejos de él, hacia afuera, en donde los átomos tienen menor posibilidad de interferir entre ellos. Para la estructura tan firmemente empaquetada de los ácidos nucleicos, él presentó tablas de posiciones atómicas y seis pequeños dibujos nada fáciles de entender: no muchos datos sobre ángulos o longitudes y repletos de rectángulos pesados para mostrar la forma en que los fosfatos (un átomo de fósforo en el centro de cuatro átomos de oxígeno formando una pirámide) estaban ordenados.

Puentes de hidrógeno entre las bases

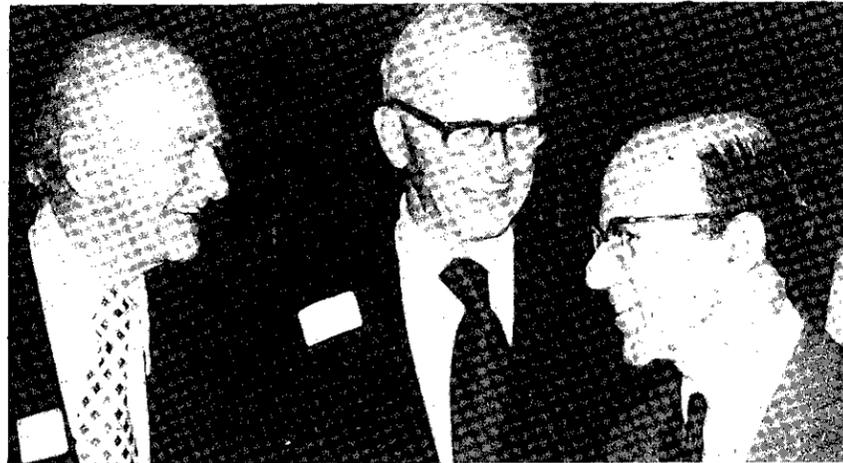
Las tres hélices estaban unidas en los fosfatos, según Pauling, por medio de puentes de hidrógeno, aunque sus figuras no lo muestran claramente. Al-

gunos datos esenciales estaban equivocados, de tal modo que no había forma de que la estructura pudiera estar correcta. Cuando pregunté a Pauling sobre la estructura en 1971, me dijo: "Nosotros no estábamos trabajando intensamente en eso. Se trataba de dos asuntos involucrados: el valor de la densidad del ADN que habíamos tomado de la bibliografía estaba equivocado; y las fotografías de rayos X de Astbury que estábamos interpretando eran en realidad sobrepuestas de dos formas de ADN." Pero en enero de 1953, esos defectos en los datos eran tan desconocidos para Watson y Crick como para Pauling. Wilkins sabía un poco

más. Rosalind Franklin tenía todas las piezas correctas.

Aun en sus propios términos, el modelo de Pauling tenía tres errores sustanciales. El primero podría ser notado por cualquier principiante de la ciencia en nuestros días, y se trataba de que detrás de la clara y firme descripción sobre la necesidad de empaquetar fuertemente los átomos en el núcleo, se detecta que Pauling empaquetó el núcleo tan fuerte que chilló. Esto lo sabía él mismo, por lo cual uno se lo imagina sintiendo como si sus zapatos, guantes y cuello estuvieran demasiado apretados, y en la época en que Watson estaba leyendo el manuscrito Pauling podría estar reparando la estructura al mismo tiempo que trataba de aliviar el dolor. Watson y Crick no notaron la falla inmediatamente.

El segundo error consiste en que los puentes de hidrógeno que mantenían unida la tripe hélice de Pauling en el núcleo, químicamente eran un disparate. Se requería que los grupos de fosfato se llenaran con más hidrógeno, para conectar P-O... H-O-P, cancelando las cargas eléctricas locales y obteniendo por resultado, como Watson lo escribió en su autobiografía, que "el ácido nucleico de Pauling, en cierto sentido, no fue un áci-



Linus Pauling, Max Delbrück y Max Perutz en 1976

dó". Watson no podía dejar pasar desapercibido ese error, pues justo aquí estaba la razón por la que pensaba constantemente en modelos con unidad estructural interna, y había estado preocupado con la idea de que se necesitaban iones de magnesio para los puentes que unían las hélices. Hizo rápidas visitas a otros dos laboratorios en Cambridge para consultar con bioquímicos y asegurarse que estaba en lo correcto, lo que así era. El sentimiento adecuado, escribió en *La doble hélice*, era un "placer de que un gigante se hubiese olvidado de la química elemental universitaria".

El tercero de los errores del modelo de Pauling es el más comprensible. El modelo era mudo, no daba ninguna clave acerca de su duplicación o de su influencia sobre el resto de la célula, no explicaba cómo el ADN podía ser autocatalítico haciendo copias de sí mismo como el gene, ni cómo podía ser heterocatalítico, especificando la formación del resto del organismo. En especial, la estructura ignoraba los cocientes de Chargaff. Pauling, el físico químico que había olvidado las reglas del libro de texto, estaba consciente y debió llamar más la atención. Terminó su trabajo diciendo:

Es interesante notar que los grupos de purina y pirimidina en la periferia de la molécula ocupan posiciones tales que sus grupos forman puentes de hidrógeno dirigiéndose radialmente... La estructura pro-

puesta, en consecuencia, permite que se construyan un número máximo de ácidos nucleicos, proporcionando la posibilidad de una gran especificidad (o sea, una variedad de información genética). Como lo señaló Astbury, la distancia 3.4 Å... a lo largo del eje de la molécula, es aproximadamente la longitud por residuo en una cadena polipeptídica casi extendida, y de acuerdo a esto, los ácidos nucleicos con respecto a esta dimensión están bien situados para la disposición de los residuos de aminoácido en la proteína.

Errores en la estructura de Pauling

El viernes 30 de enero, Watson fue a Londres para encontrarse con William Hayes, el bacteriólogo con quien estaba escribiendo un trabajo sobre genética. Llevó la copia del manuscrito de Pauling y, cerca de la hora del té, se detuvo en el King's College. Lo que después sucedió fue convertido por Watson en el episodio central de *La doble hélice*. Como encontró que Wilkins estaba ocupado, abrió la puerta del laboratorio de Franklin, vio que estaba inclinada sobre una caja de luz examinando una película de rayos X, y entró para enseñarle el trabajo de Pauling. Los dos estaban solos. La única descripción que hay del encuentro, por supuesto, es la de Watson. Sin embargo, hay varias cosas que no sabía entonces, ni

cuando escribió el libro. Franklin estaba lista para construir modelos de la forma A del ADN, pero sus cuadernos la muestran (durante esa semana, posiblemente ese mismo viernes, y hasta el siguiente lunes) titubeando de un callejón sin salida a otro, en un esfuerzo por visualizar la estructura que iba a construir. Estaba empeñada, en el momento de la entrevista, en lo que llamaba la "estructura en forma de 8". La frustración es palpable en las líneas de preguntas y objeciones optativas de su cuaderno; además había escrito a Corey casi un mes antes para obtener información sobre la estructura de Pauling, pero no había recibido respuesta alguna. Entonces Watson le arrojó una copia del trabajo de Pauling y empezó a hablar de hélices. Cuando ella leyó la copia, desde la segunda página se percató de que la estructura no podía estar correcta, ya que las fotografías sobre la difracción de rayos X en las que se basaba eran de Astbury y sabía, mientras que Watson no, que mezclaban las dos formas del ADN. Había una referencia en las primeras páginas a las mejores fotografías de 1951, que Pauling no había visto, pero nada acerca de las de ella. Su cortesía profesional hacia Corey la primavera pasada, cuando estuvo en Londres y le enseñó las fotografías, había sido doblemente estéril. Watson escribió sobre lo que él le dijo acerca de la teoría helicoidal, y repitió la afirmación de Crick de que su evidencia antihelicoidal era un golpe de suerte. Ella se enojó.

De pronto salió Rosie de atrás de la banca del laboratorio que nos separaba, y empezó a caminar hacia mí. Temiendo que en su furia me pegara, tomé el manuscrito de Pauling y rápidamente retrocedí hacia la puerta abierta.

La escena hubiera sido aún más cómica si Watson nos hubiera recordado que Franklin era pequeña y delgada, mientras que él alto y huesudo. Wilkins se asomó por la puerta, Watson se deslizó hacia afuera, los dos hombres caminaron por el corredor con una nueva hermandad. Los defensores de Franklin, y aun Wilkins, han afirmado varias veces que el pá-

rrafo de Watson acerca de la amenazante agresión es exagerado, ridículo, propio de una novela. La defensa más interesante es preguntar si ella tenía una buena razón para estar enojada.

Wilkins le dijo a Watson, mientras caminaban por el corredor, que Franklin había encontrado que las fibras del ADN que se humedecían bastaban para producir un patrón de rayos X diferente, sugiriendo una segunda estructura. Catorce meses después de la plática en el King's College, a pesar de correspondencia y conversaciones continuas entre Wilkins, Watson y Crick (además de las visitas y de comer juntos a menudo), la posibilidad de una segunda estructura era novedad para Watson, quien escribió:

Cuando pregunté cómo era el patrón, Wilkins fue a la habitación vecina a traer un dibujo de la nueva forma que llamaban la estructura "B". En el momento en que vi la fotografía, me quedé boquiabierto y mi pulso se aceleró. El patrón era increíblemente más simple que los obtenidos con anterioridad (forma "A"). Además, los reflejos de cruces negras que dominaban la fotografía podían venir sólo de una estructura helicoidal. Con la forma "A", el argumento para una hélice nunca fue directo... Con la forma "B", sin embargo, la sola inspección de su fotografía de rayos X, daba varios de los parámetros helicoidales esenciales.

La fotografía que Wilkins mostró a Watson era de Rosalind Franklin. Fue una de las dos fotografías buenas de la forma B que había tomado durante la primera semana de mayo del año anterior, y casi seguramente la mejor de las dos, la número 51. El patrón helicoidal era inevitable, mucho más claro que en el diagrama de rayos X del virus del mosaico del tabaco que había entusiasmado a Watson cuando lo descubrió el verano anterior.

A pesar de las palpitaciones de Watson, una primera ojeada sólo le reveló que la estructura del ADN que hizo relevante la fotografía de difracción de rayos X de Franklin, era casi con certeza una hélice. Pero nadie en

el Cavendish había seriamente dudado que el ADN fuera helicoidal. Para saber más, se requería que alguien continuara con las mediciones que Franklin comenzó en mayo del año anterior, y que había dejado inconclusas. Aprovechando el momento Watson hubiera podido tomar las mediciones. Wilkins seguramente ya lo había hecho y debió de haber mencionado los resultados. Sólo se necesitaba un par de frases. Watson sabía

Al final de una conversación con Watson en su oficina de Harvard, hace varios años, le pregunté si esa tarde en el King's College, aparte de ver la fotografía, había visto cualquiera de los cálculos desarrollados por Franklin o Wilkins. Me respondió que no. ¿Se fue con sólo el recuerdo de la fotografía? "Yo tenía un recuerdo claro de ella, que podía ayudarme con el modelo, porque la forma como los brazos de la cruz esta-

Una observación más cuidadosa hubiera descubierto el nuevo dato para Watson, sobre que la estructura B tenía una distancia de repetición de 34 Å

por las fotografías de Astbury, como todo el mundo, que la distancia entre las bases paralelas en el ADN era de 3.4 Å y la medida hubiera confirmado lo que parecía obvio: que esto era igualmente cierto para la estructura B. Este hecho estaba implícito, no en la cruz negra al centro del patrón, sino en los densos arcos negros, más afuera, hasta arriba y hasta abajo; y estos arcos eran tan densos que sugerían que algo acentuaba fuertemente los espacios.

Watson supo durante meses que el diámetro de la molécula de ADN era de cerca de 20 Å. Esto lo había aprendido por la investigación de Wilkins. La medición de la fotografía de Franklin y un cálculo hubieran confirmado que esto también era cierto para la estructura B. Watson también supo, por Astbury, que la distancia de repetición (la altura de una sola vuelta completa de la hélice) se aproximaba a los 28 Å. Una observación más cuidadosa, seguida quizá de una simple medición, hubiera descubierto el importante y sorprendente dato, nuevo para Watson, sobre que la estructura B tenía una distancia de repetición de 34 Å, precisamente diez veces la distancia entre un nucleótido y su siguiente. El múltiplo de diez era lo que reforzaba el espacio de 3.4 Å entre los nucleótidos para hacer tan fuertes los dos arcos. Las tres cifras (3.4, 20 y 34 Å) eran las principales dimensiones determinantes que se obtuvieron del patrón de difracción de rayos X.

ban colocados en el diagrama mostraban dónde tenía que estar la masa principal de la hélice." Su opinión consistió en que cuando se hiciera un modelo podían ser aplicadas las fórmulas de la teoría de difracción helicoidal de Crick, para mostrar si la distribución de los átomos en él (especialmente los grupos masivos de fosfato) producirían un patrón general como el de la fotografía. Watson no dio más detalles. Le pregunté si no había asentado por lo menos una ley deducida de la fotografía. "No — contestó murmurando algo más que no entendí. Y luego —... si usted vio, eso es casi todo. Con sólo saber que se trataba de una hélice y que era, ¡ah!, una repetición de diez, eso es lo que aprendí aquel día. Diez, 34 Å y 3.4, fue todo." ¿Cómo supo que la repetición era diez? "Ah, me lo dijo Wilkins, creo que era diez. Afirmando que fue diez. Cuando se mira una fotografía como aquella..., uno sabe contar."

La fotografía no reveló las dimensiones de la célula unitaria (la unidad cristalográfica) del ADN. Wilkins conoció esas dimensiones para la forma A, pero aparentemente no estaban entre los datos que Watson trajo a Cambridge y que mostró a Crick; como tampoco lo estaban catorce meses antes, después del coloquio en el King's College. Watson presionó a Wilkins cuando observó la fotografía, durante la cena en el barrio de Soho, para que le diera las medidas de ésta y los valores de densidad de las mues-

tras, además de cualquier cálculo que pudiera decidir el número de cadenas. Algo aprendió. Wilkins dijo que parecía que los datos favorecían una estructura de tres cadenas; él conocía algunos datos acerca de las densidades y el volumen del agua que lo llevaron a esa conclusión, y quizá le dio las cifras a Watson, pero más importante que la información en sí fue el hecho de que se trataba de una conclusión tentativa. De igual manera, Wilkins sabía que, mientras más se humedecían las fibras del ADN, en la transición de la estructura A a la B, éstas de pronto se alargaban casi un 25%. Una vez más los datos pudie-

Perutz dijo: "ninguno de nosotros tenía confianza en el grupo del King's pues estaban tan divididos entre sí que parecían incapaces de progresar"

ron ser útiles, pero el resultado no fue decisivo. Watson también supo que, según creía Wilkins, "...el verdadero problema estaba en la ausencia de cualquier hipótesis estructural que les hubiera permitido empacar las bases regularmente dentro de la hélice". En su autobiografía Watson añadió: "Claro que esto suponía que Rosie había atinado al querer las bases en el centro y la unidad estructural afuera." Mientras regresaba a Cambridge esa noche en un tren lento y frío, dibujó lo que recordaba del patrón de difracción de la forma B, y decidió que la serie de posibles densidades en la molécula no eliminaban, después de todo, dos cadenas. Cuando llegó al Clare College, después de irse en bicicleta desde la estación de Cambridge, tomó la determinación de construir dos modelos con dos unidades estructurales enrolladas adentro y con las bases apuntando hacia afuera.

La llegada del trabajo de Pauling, el descubrimiento de que su estructura era imposible y los nuevos datos que había aprendido de Wilkins, fueron las explosiones que pusieron en marcha a Watson y Crick, para abordar la estructura por segunda vez. Bragg ya había leído la copia del manuscrito de Pauling cuando Watson llegó a

pedirle, el sábado por la mañana, que el taller de Cavendish le hiciera unas representaciones de los átomos de fósforo y de las cuatro bases. Hasta ese momento Watson estaba en lo correcto en su insistencia, en *La doble hélice*, acerca del drama de la competencia de largo alcance con Caltech. En cuanto al King's College, Crick dijo: "Nunca cobré conciencia de que estuviéramos compitiendo con Wilkins. No teníamos ninguna intención de hacer trabajo experimental del modo en que ellos lo hacían. Pero lo que sucedió fue que nos encontramos, por así decirlo, en un estado de competencia."

Max Perutz tuvo el honor de haber estado en el centro de los acontecimientos sin recibir jamás los crueles veredictos de Watson. Hace poco tiempo Perutz explicó su encuentro con él cuando dirigía la unidad que se inició en Cavendish en la época de Bragg, la que estuvo donde ahora se encuentra el laboratorio de biología molecular del Consejo de Investigación Médica, con cerca de 150 investigadores, en un edificio de seis pisos, en la periferia sur de Cambridge. Su reputación creció tanto que hoy en día es uno de los seis laboratorios biológicos más importantes del mundo, los cuales son incomparables entre sí, exceptuando al de Perutz por ser el más agradable y el que tiene más personal trabajando. Yo subí a la cafetería después de un seminario que estaba dictando Crick sobre cromosomas, y me encontré a Perutz tomando un rápido almuerzo con su esposa Gisela. Le pregunté si la rivalidad con Pauling por el ADN no era bastante exagerada. Perutz permaneció callado unos momentos como si no me hubiera oído. Luego dijo: "Ninguno de nosotros teníamos confianza en el grupo del King's —hablaba cuidadosamente y en tono bajo—, pues estaban tan divididos entre sí que parecían incapaces de progresar. En esa

situación, la competencia con Pauling era importante, ya que Bragg lo creía así. Bragg sintió que ya no podíamos retener a Crick y Watson." La estructura, en un sentido estricto, como ejercicio científico estaba inserta en un mayor ambiente profesional y ético, Watson era el catalizador, y la rivalidad con Pauling fue útil aunque en gran parte simbólica. El sentimiento de Bragg fue el primer obstáculo vencido y marcó el punto de partida.

Varias fortalezas internas y puntos de vigorosa resistencia al razonamiento debían aún caer. La historia de la ciencia está expuesta a una solapada teleología por medio de la cual el futuro, la verdad en sí misma, parece impulsar al descubridor. Tales interpretaciones son más difíciles de depurar en este tipo de historia, ya que el conocimiento del resultado a menudo es la única compensación del balance intelectual entre el científico y el historiador. Sin embargo, si Watson y Crick fueron llevados a su descubrimiento, opusieron resistencia.

Cuando llegó Crick al trabajo ese sábado, Watson le habló de todo lo que había aprendido y del consentimiento de Bragg para la construcción de los modelos. Desde luego, construirían un modelo de la forma B. Crick advirtió, como era su norma, que no deberían eliminar las moléculas de tres cadenas introduciendo cualquier hipótesis que no estuviera avalada por la evidencia. Watson todavía estaba resuelto a comenzar con dos cadenas, pero no podía hacer nada si no contaba con los elementos a escala del taller. Regresó a su manuscrito sobre la genética de las bacterias.

El lunes 2 de febrero por la mañana, Rosalind Franklin comenzó una nueva página de su cuaderno con el título "Objeción a la estructura en forma de 8". Dos días más tarde, Linus Pauling escribió una carta a su hijo admitiendo que él y Corey estaban haciendo ajustes a su triple hélice, ya que los átomos estaban demasiado apretados.

La lentitud para hacer sus átomos de juguete en el taller de Cavendish, obstaculizó a Watson. No tuvo las piezas más simples sino hasta mediados de la semana, y las bases tarda-

ron más. Trabajó en la gran mesa en medio del cuarto. Empezó con las unidades estructurales (fosfatos y después azúcares) trabajando mal con alambres, varillas de soporte y grapas. Se iba a jugar tenis dos o tres horas cada tarde (uno de sus contrincantes más diestros, recuerda: "no tenía idea de la forma, pero tenía una tremenda energía y parecía que volvía a inventar el deporte cada vez que jugaba. Y odiaba perder"). Iba al cine y a tomar lecciones de francés (una persona que le dio clases dijo: "tenía gran habilidad para que un poco de conocimiento le rindiera mucho"). Y regresaba a trabajar en el modelo.

Watson pasó dos días trabajando con las unidades estructurales internas. Los resultados del empaque de los átomos parecían estar peor que la versión de tres cadenas que habían producido él y Crick catorce meses antes. Crick (aunque estaba escribiendo su disertación no se sentía comprometido en el asunto) visitaba a Watson de vez en cuando y le hacía algún comentario o sugerencia. Watson se quejó de la dificultad para entrelazar las cadenas por dentro. Crick preguntó: "¿Por qué no las pones por afuera?" "Eso sería demasiado fácil" —contestó aquél. "¡Entonces por qué no lo haces!", volvió a insistir Crick.

Sobre lo sucedido la noche del miércoles de la primera semana, tomando café después de la cena en casa de Crick, Watson relató en *La doble hélice* lo siguiente:

Admití que mi renuencia a situar las bases por dentro se debía en parte a la sospecha de que sería posible construir un número casi infinito de modelos de este tipo... Pero el verdadero dilema estaba en las bases; mientras se encontraran afuera no teníamos que pensar en ellas. Si se las empujaba hacia adentro existía la terrible dificultad de empacar juntas dos o más cadenas con secuencias irregulares de bases. Aquí, Crick debió admitir que no tenía idea de qué hacer.

Al siguiente día Watson trató de enrollar las unidades estructurales como si fueran listones con movimiento por la parte de afuera de un

cilindro, a la manera de un poste de peluquería. El y Crick vieron en seguida que tales configuraciones funcionaban bien, siempre que se dejaran afuera las bases.

En la mañana del viernes, Crick recibió una carta de Wilkins aceptando una invitación para ir a comer con él en Cambridge el domingo. "Es muy amable de su parte conseguirme el trabajo de Pauling, y yo le diré a usted todo lo que recuerdo y que he apuntado de Rosie" —escribió Wilkins. El domingo, casi tan pronto como llegó Wilkins, Crick empezó a hacer preguntas. Crick y su esposa acababan de comprar una casa en el pintoresco centro de Cambridge con estilo del siglo XVIII. La casa era an-

Wilkins dijo que iba a empezar a construir modelos pero no antes de que Franklin partiera para Birbeck, a mediados de marzo

gosta, los cuartos pequeños, los pisos desiguales, las proporciones agradables. El comedor estaba en el sótano. También llegaron a comer Watson y Peter Pauling. El almuerzo dominical inglés es una comida prolongada que puede durar hasta la hora del té. Tiempo después Peter Pauling recordó: "Pasamos la mayor parte de la tarde tratando de convencer a Wilkins de que debía comenzar inmediatamente a construir modelos atómicos del ADN. Nuestro argumento principal fue que si no lo hacía, mi padre lo intentaría de nuevo y conseguiría la estructura correcta." Pero no obtuvieron más información de la que había conseguido Watson nueve días antes. Al final de la tarde, Wilkins dijo que iba a empezar a construir modelos pero no antes de que Franklin partiera para Birbeck, a mediados de marzo. Crick rápidamente preguntó si Wilkins tendría algún inconveniente en que ellos comenzaran a construir los modelos. Tanto Watson como Crick recuerdan vívidamente el instante. Wilkins, lenta y claramente dio su consentimiento. Esto era importante, por lo menos para Crick, quien me dijo: "Usted recordará que antes de que empezáramos nuestro segundo intento Wilkins nos visitó, le pedimos su permiso

para trabajar en ese asunto, y nos lo concedió, aunque renuientemente."

La estructura

El martes 10 de febrero, Franklin abandonó su monótono catálogo de imposibilidades descartadas, e intituló su cuaderno "Estructura B". ¿Evidencia para una hélice de dos cadenas?, ¿o de una? Estudiaba la fotografía número 49 y vio que sus caracteres eran helicoidales. Escribió una reseña sobre las matemáticas de la teoría de la difracción helicoidal, tratando de distinguir entre hélices sencillas y dobles con los datos de que disponía. Más tarde, con un par de rasgos vigorosos de la pluma, tachó

las últimas cuatro líneas. Siguió con otros cálculos. Durante 15 días no regresó a la estructura B.

En algún momento Crick se enteró, probablemente por Wilkins, del informe que se había distribuido cuando el Comité de Biofísica del Consejo de Investigación Médica había visitado al King's College el 15 de diciembre. Dicho informe incluyó la descripción hecha por Franklin de sus resultados cristalográficos hasta ese momento. Es evidente que Crick no pudo haberlo leído antes de que Wilkins viniera al almuerzo del domingo; poco después, sin embargo, lo obtuvo de Perutz. Watson escribió en *La doble hélice* que el informe contenía "...las mediciones precisas de Rosie", y así confirmó a Crick que "...después de mi regreso del King's College, le comuniqué correctamente las características esenciales del patrón B. Bragg me dijo en 1971 que el escrito había contenido la fotografía misma, pero él no lo recordaba bien, pues la verdad es que no tenía ninguna fotografía. Franklin tan sólo había incluido datos acerca de la geometría cristalina de la forma A, del papel que desempeñaba el agua en la transición de A a B, y del cambio asociado de la distancia de repetición de 28 Å a la de 34 Å.

En 1968, el relato sorprendente de Watson apunta: "Rosie, desde luego, no nos dio sus datos directamente. Por eso mismo, nadie en el King's College se dio cuenta que estaban en nuestras manos." Esto llamó la atención de los científicos críticos, dos de los cuales (André Lwoff del Instituto Pasteur, en una reseña en *Scientific American*; y Erwin Chargaff, en *Science*) pusieron en duda la actuación ética de Perutz al darle el reporte de Randall a Crick, ya que en junio de 1969 Perutz publicó una nota en *Science* copiando el texto completo de los informes de Wilkins y Franklin,

de agua... El cambio de la primera a la segunda estructura está acompañado por el del período de repetición del eje de la fibra de 28 a 34 Å, y por el correspondiente cambio microscópico de longitud de la fibra aproximada a un 20%. Era aparente que la forma cristalina (estructura A) estaba basada en una célula unitaria monoclinica centrada en la cara con el eje C paralelo a la fibra.

Luego enumeró las dimensiones de la célula unitaria de ese cristal, tres longitudes y un ángulo.

En la larga fila de velas que habían sido encendidas, una por una, antes de que pudiera surgir la estructura del ADN de la oscuridad, Crick dio su chispa a la vela más cercana al centro del misterio

mostrando también que el comité se había formado (como se dice en una carta de los archivos del Consejo de Investigación Médica) expresamente para "establecer contacto entre los grupos de investigadores que trabajan para el consejo en este terreno". Dicho informe no había sido confidencial; además, como la nota señalaba, no contenía nada de lo que Watson hubiera podido enterarse en el coloquio del King's College. El acto de Perutz de dar el escrito a Crick fue un hecho muy común, y no tenía nada de incorrecto. El mismo número de *Science* tenía una carta de Watson disculpándose ante Perutz por haber creado una mala impresión, pero sostenía: "Lo relevante no es que yo hubiera podido copiar, en noviembre de 1951, los datos del seminario de Rosalind sobre las dimensiones y simetría de la célula unitaria, sino que no lo hice."

Al leer Crick los once breves párrafos de Franklin, se encontró con los siguientes datos (este fue su turno para experimentar un vuelco al reconocerlos):

La forma cristalina del ADN del timo del becerro se obtiene con casi un 75% de humedad relativa, y contiene cerca de un 20% en peso

La aportación de Crick

En la larga fila de velas que habían sido encendidas, una por una, antes de que pudiera surgir la estructura del ADN de la oscuridad, Crick dio su chispa a la vela más cercana al centro del misterio. Watson tuvo un acierto perspicaz cuando reconoció las implicaciones de la fotografía de Franklin que Wilkins le mostró, y eso fue un dramatismo fácil de visualizar y de explicar. Crick vio en las palabras y números de Franklin algo importante, en verdad, pero también fácilmente identificable. No obstante, la perspicacia fue cerebral y sutil, tanto que inclusive a Watson le llevó tiempo entenderla. La visión de Crick empezó con una extraordinaria coincidencia. Los cristalógrafos clasifican 230 grupos espaciales distintos, de los cuales la célula monoclinica centrada en la cara, con sus curiosas propiedades de simetría, es sólo uno, aunque bastante común en las sustancias biológicas. El principal tema experimental de la disertación de Crick, sin embargo, fue la difracción de rayos X de los cristales de una proteína (la hemoglobina que lleva el oxígeno de la sangre de los caballos)

que pertenece al mismo grupo espacial que el ADN. Sobre eso estaba trabajando el día que Perutz le dio el informe del Consejo de Investigación Médica. Así es como Crick encontró la simetría que Franklin y Wilkins no comprendieron; que Perutz, para el caso, no notó; lo que también se le escapó a Alexander Stokes, el cristalógrafo teórico del laboratorio de Wilkins. Se trataba específicamente de que cuando se le daba media vuelta a la molécula del ADN, ésta tomaba congruencia consigo misma. La estructura era diádica, una mitad igualando a la otra en reversa.

"Este fue el asunto más importante —señaló Crick—. Además, las dimensiones de la célula unitaria que estaban también en el informe del Consejo, probaban que la hélice debía ser perpendicular a la longitud de la molécula —sustituyendo un extremo por otro—, e implicaba también que la duplicación estaba dentro de la molécula individual, y no entre las moléculas adyacentes en el cristal. Así, las cadenas deben venir duplicadas, no de a tres en una molécula, y una cadena debe ascender mientras la otra desciende."

Lo que asciende y desciende, entendido esto ahora por Crick, son las dos unidades estructurales. La secuencia de puentes por los que los fosfatos y los azúcares se unían y alternaban a lo largo de una cadena, se volteaba en la cadena que corría a lo largo. El descubrimiento de la simetría diádica de la molécula, resolvió inmediatamente los arreglos espaciales de las unidades estructurales mientras subían en espiral por la parte de afuera y alrededor del núcleo (aunque Watson al principio no podía entender el razonamiento de Crick).

Watson comenzó sus modelos de columna de soporte externo como si las cadenas corrieran en la misma dirección. El "...estaba tratando de construirlo con los azúcares demasiado cerca —dijo Crick cuando le pregunté sobre esto—. Lo que quiero decir es que no se movían alrededor del cilindro lo suficientemente separados de un azúcar, o de un nucleótido al siguiente. Si el par de cadenas corría en la misma dirección, de la manera como lo estaba construyendo Jim,

entonces cada una debía girar media vuelta a la altura de 34 Å para que la estructura se repitiera a sí misma, como lo demostró la fotografía de rayos X de Rosalind. ¿Puede darse cuenta de eso? Muchas gentes lo encuentran difícil. Cierre sus ojos y piénselo. Pero las dos cadenas corrían en direcciones opuestas, entonces no eran idénticas, y así las dos tenían que dar toda una vuelta de 360 grados al cilindro, antes de que la estructura hiciera una repetición completa. Bueno, si hubiera diez nucleótidos en una cadena a la altura de 34 Å, esto significaría obviamente que la rotación de cada una a la siguiente era de 36 grados. Fue difícil para Jim comprender que las cadenas corrían en direcciones opuestas, y lo que esto implicaba. Por lo tanto, estaba tratando de construirlo a 18 grados." Watson fue una tarde a jugar tenis y le dijo a Crick que tratara de construir el modelo. Crick lo hizo con un ángulo de rotación de 36 grados y no de 18. De esa manera, una vuelta completa comprendía diez bases. Dejó una nota en el modelo: "Así es como 36 grados de rotación". Crick me dijo: "Para ser justo con Jim, sería absurdo decir que no entendió. Creo que a él no le gustaba esa clase de razonamiento. Por lo tanto, dudo que le haya dado la importancia que yo le di. Si uno hace un razonamiento, le gusta y le da mucha importancia. Después se le encuentran los defectos (un razonamiento es sugestivo, no conclusivo); no creo que él haya visto muy claramente cuáles eran los defectos, sólo intuyó que los había."

El razonamiento de Crick se aplicó a las unidades estructurales de las cadenas. La cristalografía de rayos X, por su naturaleza, no puede identificar las bases individuales a lo largo de las cadenas, porque aquéllas no están en orden repetitivo. Al resolver el problema del enrollado, Crick llevó al ADN casi tan lejos como Pauling lo hizo dos años antes con la estructura de la cadena de proteína en la hélice alfa. Las diferencias cruciales fueron dos: en primer lugar, la hélice alfa estaba detenida por puentes de hidrógeno, hacia arriba y hacia abajo de la espiral, lo que era un aspecto integral primario de la estructura. Crick y Watson aún no tenían idea de

cómo las dos unidades estructurales del ADN estaban unidas. Crick todavía rechazaba los puentes entre bases de cadenas opuestas, porque los átomos de hidrógeno que bordeaban las bases que formarían tales puentes parece que generalmente no ocupaban una posición fija, sino que brincaban de un lado a otro entre puntos alternativos. Este era el problema de los tautómeros, o sus formas equivalentes, al que Crick se enfrentó cuando él y Watson trataron de construir un modelo. En segundo lugar, la unidad estructural de la hélice alfa estaba en el núcleo, y así, aunque cada uno de los veintitantos tipos de ami-

La cristalografía de rayos X, por su naturaleza, no puede identificar las bases individuales a lo largo de las cadenas, porque aquéllas no están en orden repetitivo

noácido tenía una cadena lateral que no formaba parte de la unidad estructural, esas cadenas apuntaban hacia afuera y, para los propósitos de Pauling, sus formaciones podían, en principio, ser ignoradas. Watson y Crick, con las unidades estructurales del ADN en la parte exterior de su modelo, tenían el problema de cómo ajustar en el núcleo las cuatro clases de bases. Cada azúcar debía poseer una base clavada hacia adentro, en la posición y ángulo correctos. Si el orden de las bases era de alguna forma el vehículo para la información genética, entonces la estructura debía permitir mucha libertad en lo referente a cuál base seguía a cuál. Sin embargo, las bases eran de diferentes tamaños y formas; algunos pares estarían empacados demasiado juntos o harían que los lados de la estructura se abultaran; otros, dejarían un espacio entre ellos o bien ocasionarían un estrechamiento en las unidades estructurales.

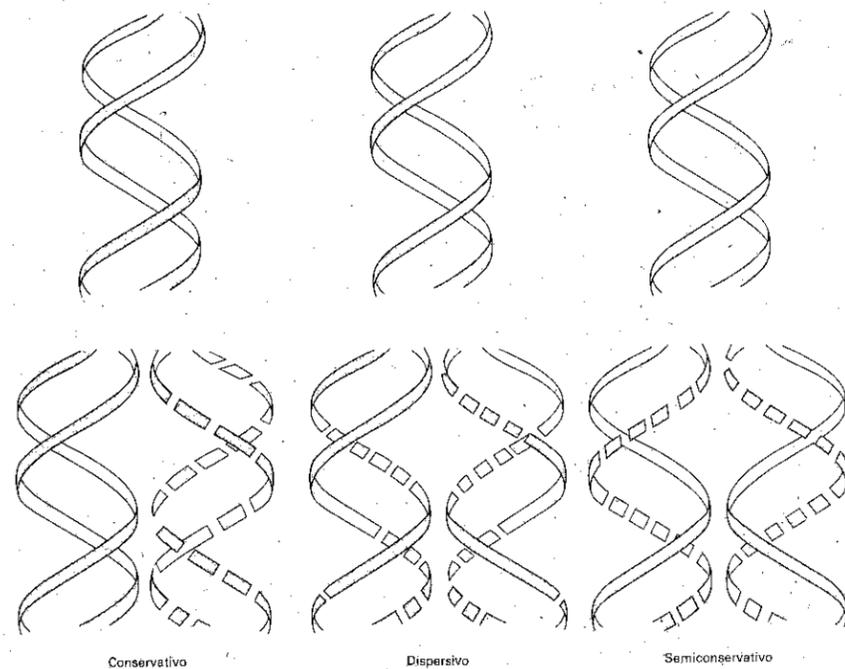
Watson abandonó la construcción de modelos por el momento y comenzó otra vez a leer sobre las bases. Hojeó una de las monografías reconocidas, *La bioquímica de los ácidos nucleicos*, de James N. Davidson. Encontró ahí los diagramas de las bases de guanina y timina dibujados, como la mayoría

de los libros lo hacían, con los átomos de hidrógeno en su lugar, bordeando los anillos en la forma tautomérica llamada la configuración enol, en lugar de en la forma alternativa, llamada ceto. Aunque la diferencia era sólo el cambio de un átomo de hidrógeno, la forma enol de cada base era más irregular —una parte deforme del rompecabezas. Releyó una serie de trabajos, remontándose muchos años atrás, de John Masson Gulland y Denis Oswald Jordan, sobre experimentos químicos con el ADN en varias soluciones que parecían mostrar que los paquetes de varias moléculas de ese material estaban unidos por

puentes de hidrógeno entre las bases. En realidad, esos puentes se formaban frecuentemente, y esto sugería que los cambios en las formas tautoméricas de las bases no eran los obstáculos que Crick suponía. Además, Watson encontró ahora que se reportaba que los puentes de hidrógeno entre las bases estaban presentes aun en soluciones que contenían muy poco ADN. De este hecho podía inferirse, aunque Gulland y Jordan no le dieron importancia, que los puentes unían las bases, no entre moléculas del ADN, sino dentro de las moléculas individuales. ¿Había una regla que gobernara los puentes de hidrógeno entre las bases?

El 18 de febrero, Pauling escribió otra carta a Peter, en la que decía: "Estoy volviendo a verificar la estructura del ácido nucleico, tratando de refinar los parámetros un poco... Es evidente que la estructura implica un empaque apretado para casi todos los átomos." Y añadió: "Oí que Jim Watson y Crick habían formulado esta estructura hace tiempo, pero no han hecho nada al respecto. Probablemente el rumor es exagerado."

Watson también leyó o releyó algunos trabajos acerca de estudios con rayos X de las bases de purina, guanina y adenina. Se aisló, purificó y se



Estos modelos muestran que existen cuando menos tres diferentes destinos para el ADN durante la duplicación: la molécula completa de doble hélice se conserva; las dos cadenas se conservan cada una en una molécula diferente de la progenie; o el ADN original se dispersa entre las moléculas de la progenie. Las cadenas segmentadas representan a las de la progenie sintetizada de nuevo.

permitió que cada una de ellas formara cristales, y después se las estudió. Uno de estos trabajos, publicado dos años antes por June Broomhead, en el Instituto Cavendish, demostraba que la guanina pura formaba puentes de hidrógeno de molécula a molécula con una configuración regular y repetida. Había encontrado que la adenina hacía lo mismo. El jueves 19 de febrero, Watson —como lo asentó en sus memorias, estaba garbaleando un diagrama de la adenina en ese momento— se dio cuenta de que si tomaba un par de adeninas unidas por hidrógeno como las mostraba Broomhead, colocadas una al lado de la otra, podía darles media vuelta y estarían nuevamente en posición. El par era simétrico. Los puentes de hidrógeno parecían ser de la longitud adecuada para que el par de adeninas pudiera ser introducido en el núcleo de la molécula de ADN, con una base puesta en cada unidad estructural. Comparó el trabajo de Broomhead con la monografía de Davidson, y encontró que se podía

enseñar a la guanina a formar puentes en la misma forma simétrica. Copió las estructuras de las dos pirimidinas, citosina y timina, y, después de trabajar con ellas unos momentos, encontró unas formas en que éstas también podían unirse a sí mismas para formar pares simétricos.

La duplicación del gene

La idea era maravillosamente simple: la molécula de ADN estaba hecha de dos cadenas enrollándose una en torno a la otra, con secuencias idénticas de bases y mantenidas juntas por puentes de hidrógeno entre cada par igual. Acoplar las bases, igual por igual, presentaba dificultades palpables, pero quizá no insuperables. Los pares de purina eran más grandes y tenían formas diferentes que los pares de pirimidina, de manera que las unidades estructurales presentarían abultamientos y estrechamientos. Hasta que el taller entregara las piezas a escala, Watson

no podía decir qué tan importante sería la objeción. Entonces, estaba el problema de los errores en el acoplamiento. En los diagramas, Watson no veía razón por la cual la guanina no pudiera unirse a la adenina, y muchas otras uniones desiguales también parecían fáciles. Los errores frecuentes en el acoplamiento producirían pérdida en el significado genético. Sin embargo, podrían existir enzimas específicas para construir los pares correctamente. Seguramente habría una explicación, ya que el acoplamiento de igual con igual tenía un estupendo sentido biológico: explicaba al fin la duplicación del gene, la preservación del mensaje hereditario. La duplicación ocurriría cuando las dos cadenas se desenrollaran y cada una hiciera el molde sobre el cual se formara una nueva cadena, acoplándose los nucleótidos en la cadena creciente, uno a uno a la secuencia de base en la cadena principal. Esa noche, cuando Watson se fue a dormir, como lo relató después, soñó con visiones de pares de adeninas.

La duplicación por molde —cadenas que se desenrollan, y las nuevas formándose sobre las viejas— era una idea que sobreviviría. La estructura de igual con igual de Watson fracasó pronto, pero su fracaso echó abajo los últimos conceptos erróneos que impedían la comprensión. Una vez más, la coincidencia desempeñó un papel importante.

El viernes 20 de febrero por la mañana, Watson escribió una carta a Max Delbrück que envió acompañada del manuscrito de trabajo sobre genética bacteriana que él y Hayes habían escrito. (La carta, y otras que escribió a Delbrück durante ese período, está con los documentos de Delbrück en los archivos del Caltech.) Watson le pedía a Delbrück, quien era miembro de la Academia Nacional de Ciencias, que presentara el trabajo para su publicación en la revista *Proceedings* de la Academia. Luego escribió:

Estoy ocupado, trabajando en la estructura del ADN. Creo que estamos cerca de una solución. Hemos leído el trabajo de Pauling sobre el ácido nucleico. ¿Lo ha visto usted? Tiene varios errores muy serios. Además, pensamos que ha

escogido una clase equivocada de modelo. Sin embargo, en conjunto, el trabajo de Pauling tiene, por lo menos, la actitud correcta y el tipo de enfoque que deberían adoptar los investigadores del King's College, en Londres, en lugar de ser únicamente cristalógrafos. Había empezado a trabajar en el ADN cuando llegué a Cambridge, pero lo suspendí porque al grupo del King's no le gustaba ni la competencia ni la cooperación. No obstante, ya que Pauling está trabajando ahora en esto, espero que el campo se encuentre abierto para cualquiera. Por lo tanto, voy a estudiar este asunto hasta que encuentre la solución. Hoy estoy muy optimista, creo que tengo un modelo muy bonito, tan bonito, que me extraña que nadie lo haya pensado antes. Cuando calcule las coordenadas debidas le mandaré una nota a *Nature*, ya que toma en cuenta los datos de rayos X, y aun si están incorrectos, serán una mejora al modelo de Pauling. Le enviaré una copia de la nota a usted.

La idea de una competencia con Pauling, produjo el mismo efecto en Delbrück que el que había tenido tres semanas antes con Bragg. Watson no se tomó el tiempo de agregar ningún detalle científico. Puso la carta en el correo y se fue al Cavendish.

Fracaso del modelo de Watson

Ahí, su idea se "vino abajo" antes del mediodía, según su relato en *La doble hélice*, aunque redujo a unas horas los argumentos de una semana. Cuando Watson dibujó su modelo para los demás en el cuarto, la primera reacción vino de un individuo hasta ese momento silencioso, Jerry Donohue, quien se había convertido en su compañero de oficina el otoño anterior. Objetó el uso que Watson hacía de la forma enol de las bases. Watson estaba perplejo, pero escuchó, porque sabía que Donohue era un físico-químico y cristalógrafo que durante años había trabajado con Pauling en las estructuras de pequeñas moléculas orgánicas. Donohue me dijo, du-

rante una visita que le hice en la Universidad de Pennsylvania: "Cuando fui a Cambridge, ni siquiera sabía lo que era un ácido nucleico." Quizá, pero sabía tan bien como cualquier otro en el mundo de la ciencia lo que era una base. Dos años antes, en el Caltech, Donohue —como explicó a Watson— había encontrado un trabajo de June Broomhead acerca de cristales de adenina y guanina. Este era uno de los estudios que Watson había leído recientemente. Donohue fundamentó parte de un trabajo suyo en la información de Broomhead, y estableció que las posiciones de los átomos de hidrógeno eran fijas en la guanina —éstos, después de todo, no brincaban de un lugar a otro. Estaba

La duplicación por molde —cadenas que se desenrollan, y las nuevas formándose sobre las viejas— era una idea que sobreviviría

convencido que ninguna de las otras bases pasaba por cambios tautoméricos tampoco. Cuando Watson le enseñó a Donohue los puentes de hidrógeno que había elaborado para acoplar las otras bases, éste dijo: "Pero esas son las formas equivocadas". Cuando Watson le mostró los diagramas del libro de texto, Donohue dijo que éstos no estaban basados en evidencias. Los argumentos de la mecánica cuántica, así como las pocas pruebas que había —citó la estructura de una pequeña molécula similar que había sido determinada en Caltech— indicaban que las bases tomarían con toda probabilidad las formas ceto. De un sólo golpe, Donohue destruyó la razón de la antigua aversión de Crick hacia la unión por puentes de hidrógeno en el ADN. Con el mismo golpe, Donohue arruinó los acoplamientos de Watson de las bases igual con igual, porque en las formas ceto, aunque los puentes de hidrógeno podían ser inventados, la diferencia en tamaño entre un par de purinas y un par de pirimidinas, era mucho mayor que antes. Las piezas no podían acomodarse dentro de una caja de unidades estructurales. Crick rechazó los acoplamientos de igual con igual como improbables,

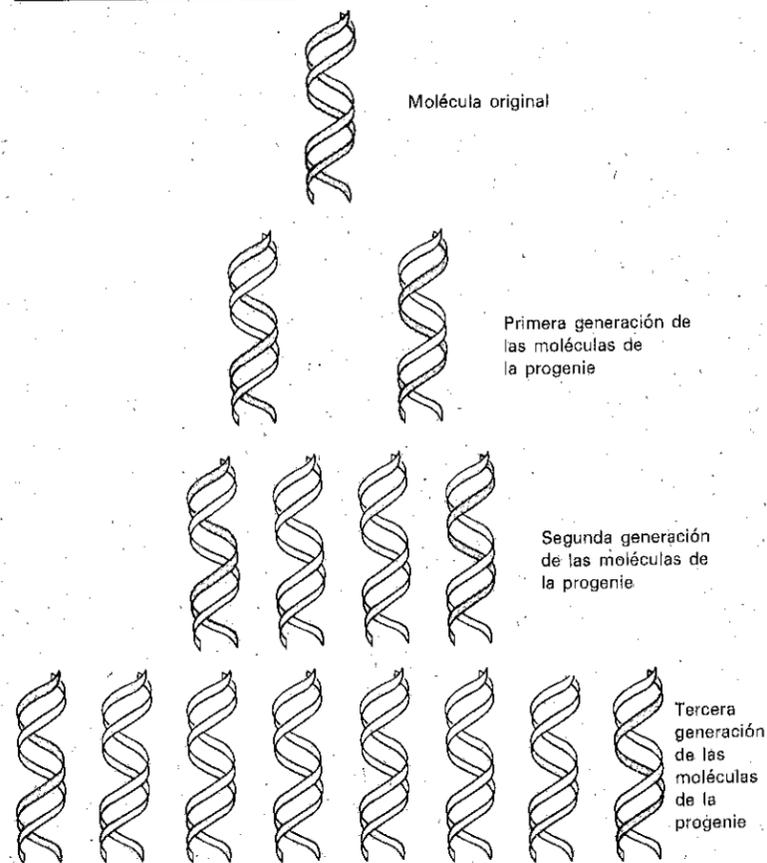
pero por otros motivos. Cuando se trató de unir los pares a las unidades estructurales, el planteamiento de Watson amenazaba con alterar el trabajo de los diez días anteriores: las dos cadenas estarían más plausiblemente corriendo nuevamente en la misma dirección, abandonando la simetría *diádica* requerida por las pruebas de los rayos X. Además, mientras se desarrollaba la discusión, Crick hizo notar que el planteamiento de Watson no tomaba en cuenta las relaciones que Chargaff había descubierto, según las cuales sin importar cuán ampliamente pudieran variar las proporciones de las bases de una especie a la otra, la cantidad de adenina parecía ser siempre casi

igual a la cantidad de timina, y la de guanina igual a la de citosina.

Tenían ahora en mente todo lo necesario para la estructura.

Varios científicos me han dicho que se preguntan cuánto más pudo Donohue haber dicho a Watson en particular, ¿habría sugerido algún camino alternativo para acoplar las bases? La pregunta examina la finamente equilibrada relación entre el individuo y su comunidad en el momento del descubrimiento. De acuerdo con esto, en una conversación que tuvo lugar en el otoño de 1973, pregunté a Watson si Donohue le había dicho alguna otra cosa además de cuáles eran las formas tautoméricas correctas. "No, no lo hizo —dijo Watson—. Jerry realmente no tenía interés en el ADN. No estaba pensando en el problema."

Cuando hablé con Donohue, le pregunté lo mismo. "No recuerdo la conversación exactamente, desde luego, pero no, estoy seguro de que no fui más allá de insistirle en que tenían que usar las formas ceto", dijo Donohue. ¿Había sacado a la discusión las relaciones de Chargaff, por ejemplo? "No", dijo Donohue. "Probablemente no sabía yo quién era Chargaff."



Después de una ronda de duplicación, cada una de las moléculas de la progenie adquiere una de las cadenas de la molécula original más una nueva. Las moléculas de la segunda generación son de dos tipos: dos de las cuatro moléculas son idénticas a las de la primera generación y dos están compuestas solamente de nuevas cadenas.

Franklin y la estructura B

El lunes 23 de febrero, Franklin intituló la siguiente página de su cuaderno de notas "Estructura B: fotografía 51". Hay un largo día de trabajo en las siete páginas de mediciones, cálculos y razonamientos estrechamente entrelazados que siguen. Empleando únicamente las herramientas matemáticas del cristalógrafo, ella trataba de resolver la cuestión que Watson y Crick atacaban en ese momento construyendo modelos. Cinco páginas más adelante, se detuvo para resumir. Tenía el diámetro correcto de la molécula, aunque no estaba segura de ello. Confirmó su opinión de que las unidades estructurales estaban afuera. Entonces siguió adelante. En su última nota de la tarde, escribió: "Si ... la hélice, como se anota arriba, es la base de la estruc-

tura B, entonces la estructura A es probablemente similar, con P-P (fosfato-fosfato) y con una distancia a lo largo de la fibra eje menor de 3.4 Å" —a causa del acortamiento de las fibras cuando cambiaron de la forma B nuevamente a la forma A.

Al día siguiente, Franklin volvió a la carga. Cambió repetidamente de A a B, interpretando cada una en función de la otra. Había pasado meses preguntándose sobre la estructura A. Ahora, en unas cuantas horas, permitió que su análisis del patrón de rayos X de la estructura B invalidara los errores que la habían mantenido fascinada. Aceptó, finalmente, la idea de que la estructura A tendría que ser helicoidal también. Concluyó que la hélice estaba formada por dos cadenas. Se encontraba atormentada —tormento que mostraba línea tras línea— por la conciencia de que aquellas dos cadenas tenían cierta extraña relación que la eludía.

Aaron Klug, quien ha guardado los trabajos de Franklin desde su muerte, y que me prestó sus cuadernos, los había leído para hacerles comentarios en lápiz. Algunos de estos son mordaces. En la última página de sus notas del 23 de febrero, Klug escribió en el margen: "Casi ha llegado a casa". Más adelante, en las notas del siguiente día, observó: "R.E.F. por lo menos está haciendo la conexión correcta entre las estructuras A y B."

Es fácil sentir una gran conmiseración por Franklin. El hecho es que nunca dio el salto inductivo. Sus notas acerca de la estructura B se detuvieron el 24 de febrero. Algunos días después, pero todavía antes de que se enterara del modelo propuesto por Watson y Crick, ella y Gosling comenzaron el borrador de un trabajo para exponer las conclusiones que hasta ese momento habían obtenido acerca de la estructura B. El borrador también está entre los papeles de Franklin. Era vigoroso, claro y limitado. Klug y yo lo leímos una tarde en su oficina. "Ve usted, le faltaba el paso final —dijo Klug—. Bueno, dos pasos. Lo que no percibió fue la presencia de la díada —la simetría de la molécula, que Crick vio inmediatamente en su información acerca del grupo espacial. Y, aunque sus notas anteriores mostraron que conocía las relaciones de Chargaff, nunca llegó al acoplamiento básico." Klug guardó los cuadernos en el cajón inferior de un mueble bajo la ventana y regresó el borrador a un archivo. "Necesitaba un colaborador, y no lo tenía. Alguien que rompiera el patrón de su pensamiento, que le mostrara lo que estaba correcto, que la alentara —dijo Klug—. Sabe usted, en cierta manera, Watson era su colaborador."

El momento crucial

El taller del Cavendish aún no había enviado la representación de las bases, así que, hacia el fin de esa semana, Watson las dibujó a escala en cartón, en las formas ceto, y las recortó. Al hacer memoria, Watson y Crick no se ponen de acuerdo acerca de cómo exactamente se prendió la siguiente vela. Crick me dijo que la vi-

NUEVO
EM-109

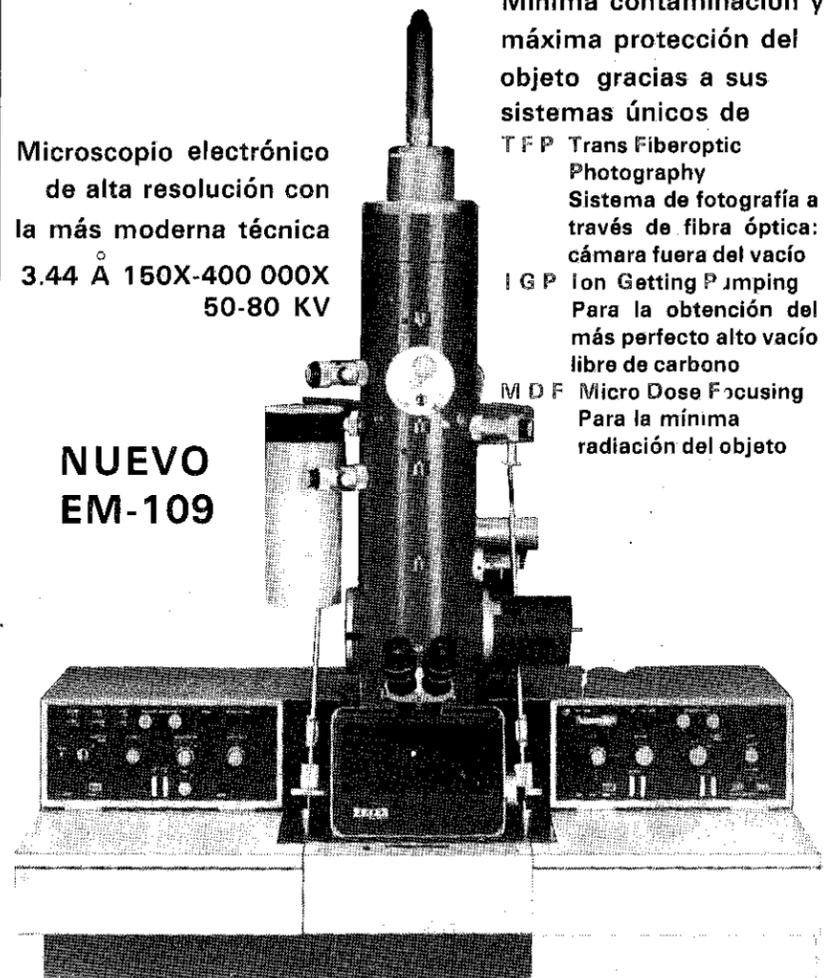
OBSERVAR
EVALUAR
DOCUMENTAR
(FOTOGRAFIAR)

ZEISS

West Germany

Microscopio electrónico
de alta resolución con
la más moderna técnica
3.44 Å 150X-400 000X
50-80 KV

NUEVO
EM-109



Mínima contaminación y máxima protección del objeto gracias a sus sistemas únicos de TFP Trans Fiberoptic Photography Sistema de fotografía a través de fibra óptica: cámara fuera del vacío IGP Ion Getting P Imping Para la obtención del más perfecto alto vacío libre de carbono M D F Micro Dose Focusing Para la mínima radiación del objeto

Fotomicroscopio III ▶

EM-10
20-100 KV

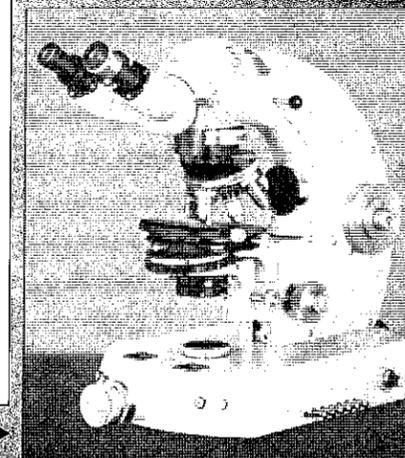
Microscopio Electrónico de elevado rendimiento
Resolución 1.23 Å
Aumentos 30 X a 500 000 X
Múltiples accesorios para la realización de todas las técnicas de la moderna microscopía electrónica
Aditamento de Barrido
Accesorio EDX
Amplificador, Microvideomán, TV sistema de alto vacío por bomba atrapadora de iones

ZEISS

proporciona todos los medios necesarios en la técnica de la microscopía de luz.

Esteriomicroscopía
Contraste de Fases
Campo oscuro
Fluorescencia
Polarización
Metalografía
C.D.I.

Microscopios electrónicos de transmisión y de barrido



Carl Zeiss de México S. A. de C. V.
Industrias Carl Zeiss de México S. A. de C. V.

Av. Patriotismo 604
tel. 598-07-77

México 19, D. F. México

CIENCIAS SOCIALES

El programa de la FUNDACION FORD en ciencias sociales (1980-1982) incluye apoyo para las siguientes actividades: 1) Tesis de doctorado; 2) Proyectos de investigación; 3) Subsidio para publicación de monografías; 4) Investigadores visitantes; 5) Cursos de doctorado únicamente en manejo de recursos renovables. Las fechas de presentación de documentos son trimestrales, excepto para el programa (5) que es anual.

Para mayor información, dirigirse a:

Fundación Ford, Apartado 105-71. Alejandro Dumas No. 42 (Polanco), México 5, D. F. Teléfono: 254-11-99



instituto nacional de investigaciones sobre recursos bióticos

Publicaciones recientes

BIOTICA:

Contribuciones científicas originales relacionadas con el conocimiento y uso de los recursos bióticos de interés para México.

Vol. 4 núm. 1. 48 p. \$ 50.00

Vol. 4 núm. 2. 60 p. \$ 50.00

Vol. 4 núm. 3. 60 p. \$ 50.00

CUADERNOS DE DIVULGACION:

Aves en peligro de extinción en México: Un llamado a la investigación para la sobrevivencia. F. Aguilar-Ortiz. 35 p. \$ 25.00

FLORA DE VERACRUZ:

Publicación sinóptica de las familias representadas en Veracruz. Cada fascículo contiene la descripción de una familia con la información mínima sobre los taxa encontrados en el Estado.

Fascículo 7. Polemoniaceae. 27 p. \$ 40.00

Fascículo 8. Araliaceae \$ 45.00

De venta en:
INIREB
Díaz Mirón 37
Xalapa, Ver.

INIREB
Oficinas en México
Manuel M. Ponce 175
México 20, D. F.

Librería Publicaciones Científicas
Insurgentes Sur 1677
México 20, D. F.

Dirigir correspondencia, giro postal o cheque a:
INIREB-Biblioteca. Apartado Postal 63, Xalapa, Ver.

LA MADERA Y SU USO EN LA CONSTRUCCION:

Trabajos preparados por LACITEMA (Laboratorio de Ciencia y Tecnología de la Madera del INIREB), dirigidos a todos los usuarios de la madera y encaminados a promover su empleo en estructuras permanentes.

Núm. 3. Estructura e identificación. 58 p. \$ 85.00.

INIREB-INFORMA:

Comunicados breves sobre los recursos bióticos de México, con información interesante para toda clase de público.

34. El corozo \$ 2.00

35. La colza \$ 2.00

36. Las flores comestibles \$ 2.00

VIAJE A CHINA:

Descripción y comentarios sobre los centros de investigación botánica, de experimentación de cultivos y de producción visitados por el autor. A. Gómez-Pompa.

62 p y 4 láminas en color. \$ 125.00

sión fue primero teórica, un principio revelado, y que les llegó a los dos. La mente de Crick trabaja de esa manera, por supuesto. Sucedió hacia el fin de semana, casi seguramente el viernes 27 de febrero. "Sabe usted, la forma en que las ideas se desarrollan es muy extraña... El acoplamiento de las bases y la duplicación complementaria —recordará usted que tuvimos aquella idea el verano anterior, cuando Chargaff vino a Cambridge, y entonces yo hablé con John Griffith, y me di cuenta que las relaciones de uno a uno podían significar una duplicación complementaria. De esta manera, la idea precede con mucho a la estructura. Y, por supuesto, la paradoja de todo el asunto es que cuando llegamos a construir la estructura *no usamos inicialmente esa idea*. No lo hicimos hasta que fuimos *conducidos* hacia ella. El momento crucial vino después de que Jerry nos corrigió acerca de las formas tautoméricas, porque entonces podíamos poner puentes de hidrógeno juntos. Y puedo recordar el momento." (Crick estaba en su escritorio, Watson y Donohue, cerca del pizarrón.) "Cuando nos dimos cuenta que, ¡por Dios!, podíamos construir una *estructura* en la cual las bases serían complementarias. Y, de esta manera, explicar las relaciones uno a uno de Chargaff. Entonces, Jim escribió y solucionó al día siguiente lo que eran los pares de bases. Quiero decir, así es como *toda* investigación funciona: tiene usted una idea, pero no la cree del todo".

Watson no ha recordado las cosas de esta manera. Me dijo: "Crick y yo teníamos una regla, esto es, queríamos usar tan poca información, tan pocas suposiciones, como fuera posible para resolver la estructura, y nunca supimos si los cocientes de Chargaff tenían alguna razón funcional completamente distinta, así que no los incluimos. Los cocientes de Chargaff simplemente desaparecieron al final." El viernes por la noche, después de cortar las bases de cartón, Watson, aún profundamente derrotado, se fue a su casa y luego al teatro. La mañana del domingo 28 de febrero, llegó, limpió un lugar para trabajar, sacó sus recortes de cartón. Escribió en *La doble hélice*:

Aunque inicialmente regresé a mis

prejuicios de igual con igual, vi muy claramente que no me llevaban a ninguna parte. Cuando Jerry llegó, volteeé, vi que no era Crick, y empecé a cambiar las bases dentro y fuera de varias otras posibilidades de acoplamiento. Súbitamente, noté que un par adenina-timina se mantenía junto por dos puentes de hidrógeno y era idéntico en forma a un par guanina-citosina, unido por lo menos por dos puentes de hidrógeno. Todos los puentes de hidrógeno parecían formarse naturalmente; no se necesitaba inventar para hacer dos tipos de pares de bases de forma idéntica.

nas de sostén sin abultamientos ni estrechamientos.

Donohue dijo que estos pares concordaban con lo que él sabía. Crick, cuando llegó, hizo notar inmediatamente que la forma en que las bases de estos pares se unirían a sus azúcares significaba que las dos unidades estructurales corrían en direcciones opuestas, exactamente como debían hacerlo. Cada cadena podía incluir tanto purinas como pirimidinas, porque cada par aparecería con su purina a la izquierda o cambiada hacia la derecha. Esto satisfacía la simetría diádica. Las relaciones de Chargaff se veían satisfechas también. Las bases podían aparecer en cualquier or-

Aquella mañana, Watson y Crick conocían, aunque sólo mentalmente, la estructura completa: había surgido de la sombra de miles de millones de años, absoluta y simple, y era vista y entendida por primera vez

Watson tropezó con su parte de la solución visualmente, a partir de la forma, de una representación, y esto había sucedido muchas veces anteriormente: es así como su mente trabaja. Ninguna de las cuatro clases de bases tienen el mismo contorno. Watson encontró que la purina adenina, un doble anillo fundido con otros átomos que lo bordean en varios puntos, podía formar dos puentes de hidrógeno con la pirimidina timina, un anillo sencillo, cuando colocaba los dos recortes lado a lado en la posición correcta. Los puentes tenían la longitud correcta y eran líneas rectas, N-H...O, o, N...H-N, como lo requerían los preceptos para la construcción de modelos de Pauling. La guanina y la citosina formaban puentes de hidrógeno de la misma manera. El acoplamiento no podía ser cambiado —esto es, guanina con timina y adenina con citosina— porque entonces los átomos alrededor de las orillas se interponían unos en el camino de otros. Pero cuando un par A-T se ponía encima de un par G-C, las dos siluetas compuestas eran exactamente congruentes. Esos pares podían embonar dentro de las colum-

den en una cadena. Sin embargo, una vez que este orden se fijaba, el acoplamiento base, guanina siempre con citosina y adenina con timina, determinaba el orden complementario en la cadena opuesta.

La estructura completa

Aquella mañana, Watson y Crick conocían, aunque sólo mentalmente, la estructura completa: había surgido de la sombra de miles de millones de años, absoluta y simple, y era vista y entendida por primera vez. El diámetro era de 20 unidades Å, 79 mil millonésimas de una pulgada. Las dos cadenas se enlazaban coaxialmente, en el sentido de las manecillas del reloj, una hacia arriba y la otra hacia abajo, formando una vuelta completa de la espiral en 34 Å. Las bases estaban aplanadas por pares en la parte media, cada par separado uno del otro por una décima parte de una revolución, o sea, por 3.4 Å. Las cadenas, sostenidas por el acoplamiento estrecho de una con la otra, se encontraban alrededor de la circunferencia, de tal modo que el surco exterior

de una de ellas se estrechaba mientras que el de la otra se ensanchaba cada octavo de vuelta. Una melodía para el ojo del intelecto, sin desaprovechar una nota. En sí misma, físicamente, la estructura llevaba los medios de la duplicación —positiva o negativa— complementaria. Mientras las cadenas se desenvolvían, un molde doble estaba ahí, en el acoplamiento de las bases, de manera que sólo los nucleótidos complementarios

tamente en la mesa, a mitad del cuarto. La escala era 5 cm por cada Å, de manera que una vuelta completa tendría casi dos yardas de alto. Las placas y alambres eran muy finos, los soportes y las grapas eran visualmente desagradables. En un torrente de excitación, cada vez mayor, Watson y Crick completaron el modelo la noche del sábado 7 de marzo. Crick se fue a la cama. Ese día, Maurice Wilkins escribió una carta a Crick:

Un físico experimental que colaboró en el Cavendish con J. J. Thomson, a fines del siglo pasado, se quedó viendo el modelo y opinó que si ésta era la base de la herencia humana, "¡con razón somos un grupo tan extraño!"

podían formar puentes y caer en su sitio; mientras que las cadenas hijas crecían. "Hemos descubierto el secreto de la vida", dijo Crick a todo aquel que podía oírlo a la hora del aperitivo esa tarde en el "Eagle". No era el completo secreto de la vida; sin embargo, a decir verdad, por primera vez, en el último nivel biológico, la estructura se había hecho una con la función, el antinomio dialécticamente resuelto. La estructura del ADN es impecablemente hermosa.

A mediados de la semana siguiente, cuando por fin el taller entregó las placas metálicas, Watson y Crick empezaron a construir el modelo. Estas piezas eran delgadas placas de metal galvanizado, cortadas en la forma de los anillos de purina y pirimidina, con alambres de latón de 3 mm de diámetro, soldados en las esquinas, sobresaliendo. Los alambres estaban cortados a la medida justa para los puentes. Crick inventó un bonito teorema, que ya ha olvidado, y que les permitía en aquel momento la construcción de una sección de la cadena solamente, sabiendo que se tomaba en cuenta la geometría de la otra sección. Entonces, cuando las mediciones probaron que no había átomos demasiado apretados o demasiado sueltos, Watson empezó a construir la mitad complementaria —y aun así, al principio, tuvo problemas para hacerla correr en dirección opuesta. El modelo tomó forma len-

Gracias por su carta sobre los polipéptidos. Creo que le interesará saber que nuestra dama oscura nos deja la semana que entra y mucha de la información tridimensional se encuentra ya en nuestras manos. Estoy razonablemente libre de otros compromisos y he comenzado una ofensiva general en todos los frentes contra los reductos secretos de la naturaleza: modelos, química teórica e interpretación de información cristalina y comparativa. ¡Finalmente, las cubiertas están libres y podemos poner a toda la tripulación a trabajar!

No tardaremos mucho.
Saludos para todos,
Queda de usted,

Wilkins

La carta de Wilkins llegó a Cambridge el lunes siguiente. "Fue algo extraordinario —dijo Crick recientemente—. Fui a mi escritorio, abrí la carta de Wilkins, ya sabe usted, 'dama oscura' y todo esto, la miré y pensé, era más un asunto para reír o bien, ya sabe, casi algo triste. Ve usted, ya teníamos el modelo."

Watson y Crick empezaron a revisar con la plomada y la vara de medir las coordenadas de cada átomo en uno de los pares de nucleótidos, de manera que la estructura pudiera ser descrita. Crick comenzó a llegar más temprano que Watson a la oficina en

las mañanas. Perutz y Kendrew vieron el modelo varias veces con excitadas conferencias de Crick. Bragg estaba en cama con gripe cuando le informaron por primera vez del modelo, pero cuando fue a verlo, en seguida percibió el poder de la duplicación complementaria, una estructura física con consecuencias biológicas incorporadas que avivó su profundo interés por la naturaleza de las cosas. Watson y Crick estaban levantando una ola de interés y entusiasmo entre sus colegas. El número de visitantes aumentaba a diario, y Crick dio su conferencia una y otra vez. Alexander Todd los visitó a instancias de Bragg, confirmó que la estructura era bioquímicamente posible, no habían descuidado nada. Muchos de los físicos del Cavendish oyeron por primera vez acerca del secreto de la vida, una tarde a la hora del té. G.F.C. Searle, un físico experimental que colaboró en el Cavendish con J.J. Thomson a fines del siglo pasado —tenía ahora ochenta y ocho años—, pidió que se le mostrara el modelo. Se quedó viéndolo y opinó que si ésta era la base de la herencia humana, "¡con razón somos un grupo tan extraño!" Watson y Crick empezaron a hacer el borrador de una carta a *Nature* para anunciar el descubrimiento.

A mediados de semana, Watson recibió una carta de Pauling. Estaba organizándose una conferencia acerca de la estructura de la proteína para el próximo septiembre, en Pasadena, y Pauling había decidido incluir los ácidos nucleicos también, así que le pidió a Watson que se asegurara de llegar a Caltech a recibir su beca con el tiempo suficiente para ir a la conferencia. Pauling también dijo que Delbrück le anunció que Watson había encontrado una "preciosa nueva estructura para los ácidos nucleicos", y tenía curiosidad por conocer los detalles; se refería, desde luego, a su efímero esquema de igual con igual. Pauling agregó que acababa de hacer unas modificaciones a su propia estructura para aumentar la distancia entre los átomos; él y Corey no afirmaban "que se hubiera demostrado que nuestra estructura es correcta, aunque tendemos a pensar que sí lo es".

El jueves 12 de marzo, Watson es-

cribió una larga carta a Delbrück en la que le explicaba ampliamente el nuevo modelo, con diagramas, y agregó hacia el final:

El modelo ha sido derivado casi enteramente de consideraciones estereoquímicas, la única consideración de rayos X es el espacio de 3.4 Å entre los pares de bases, que fue encontrado originalmente por Astbury. Tiende a construirse a sí mismo con aproximadamente 10 residuos por vuelta en 34 Å. El enroscamiento es hacia la derecha.

El patrón de rayos X casi concuerda con el modelo, pero ya que las fotografías que hemos conseguido son malas y pobres (no tenemos fotografías propias y, como Pauling, debemos usar las de Astbury), esta concordancia de ninguna manera constituye una prueba de nuestro modelo. Estamos lejos de poder probar su exactitud. Para hacerlo, necesitamos la colaboración del grupo del King's College, en Londres, que tiene excelentes fotografías de una fase cristalina, además de otras bastante buenas de una fase paracristalina. Nuestro modelo se ha hecho con referencia a la forma paracristalina y todavía no tenemos una idea clara de cómo se pueden empacar juntas estas hélices para formar la fase cristalina.

En la posdata, Watson le pedía a Delbrück que no mencionara la carta a Pauling. Más o menos al mismo tiempo, John Kendrew le habló por teléfono a Wilkins.

Una mañana de julio, casi veinte años después, en el laboratorio de Cold Spring Harbor, en Long Island, donde ahora es director Watson, y donde Max Delbrück a menudo pasa el verano trabajando, este último y yo estábamos sentados a la sombra, mirando más allá del césped y del agua unos pequeños barcos atracados a lo lejos. Habíamos estado hablando de la primera demostración de Oswald Avery, a principios de los años cuarenta, de que el ADN llevaba la especificidad genética, y de lo incomprendible que parecía ese descubrimiento en la época... Le pregunté a Del-

brück si había tenido la sensación de éxito en marzo de 1953, cuando recibió la carta de Watson describiendo la estructura. "Oh, me sentí encantado", dijo Delbrück, y se quedó callado.

Pregunté otra vez si había tenido un sentimiento de iluminación repentina.

"Yo, bueno, era obviamente correcto —dijo—. Hay una historia curiosa en conexión con esto. Yo le había prometido a Pauling que le diría en cuál estructura estaban pensando tan pronto como supiera algo más. Entonces recibí esta carta que decía al final que no se la mostrara. Así que estaba en un dilema." Explicó que quería contárselo a los demás en el laboratorio, que sabía que Pauling estaba ansioso de saber más, y que, de todas maneras, odiaba guardar silencio en asuntos científicos. "Así que mi primera reacción fue llamar a Pauling y decirle que tenía noticias, que viniera a verme —continuó—. Así lo hizo, y yo sólo le di la carta y salí del cuarto. Regresé diez minutos después —se rió— y dijo: '¿Terminó de leer la carta? Porque al final dice...'. Pauling quedó convencido; efectivamente, en cinco minutos. En ese tiempo, tenía una estructura rival."

Hablamos algo más sobre el recibimiento que tuvo el modelo.

"Pero cuidado", dijo Delbrück. "El éxito en ese momento existía sólo con respecto a la estructura y el mecanismo de duplicación. Cómo se podía usar esta estructura de Watson y Crick para —como se dice ahora— *cifrar* algo, para contener la especificidad genética, eso era todavía muy, muy oscuro."

¿No era ni siquiera evidente que debía buscarse esto en la secuencia de los nucleótidos?

"De alguna manera, claro, pues ése era el único grado de libertad que nos quedaba. Pero cómo podía usarse la secuencia para codificar la información a fin de que los aminoácidos construyeran proteínas, esto era completamente confuso. Fue George Gamow —un físico, no un químico— quien tuvo la audacia de proponer algunos meses después un esquema extremadamente simple: que los aminoácidos mismos cabían físicamente

dentro del ADN." Esto es, que cabían en la ranura entre las dos cadenas. "Todos los químicos vieron inmediatamente que esto era absurdo —continuó Delbrück—. Era claro que esto constituía un disparate, desde el punto de vista estereoquímico. Y sin embargo, como resultó, él estaba increíblemente cerca de la verdad". La teoría de Gamow, por lo menos, hizo que la gente empezara a buscar el código y la maquinaria. "Así que, retrospectivamente, el éxito fue —Delbrück concluyó— que tanto las bases del mecanismo de duplicación como las bases para la lectura eran muy simples, y la maquinaria para hacerlo resultaba *inmensamente* complicada."

El martes 17 de marzo, Franklin y Gosling terminaron y fecharon el borrador que resumía sus conclusiones incompletas acerca de la estructura B del ADN. Para entonces, Franklin se había cambiado al Birbeck College, y no tenían noticias del modelo que se había construido en Cambridge. Ese día, o quizá el día anterior, Wilkins recibió una copia de la carta que Watson y Crick habían hecho para *Nature*. El 18, Wilkins le escribió a Crick; le pedía que le permitiera publicar sus datos experimentales simultáneamente. Añadía que acababa de enterarse de que Franklin y Gosling querían publicar sus datos también. En la posdata, Wilkins sugería un cambio en el manuscrito de Watson y Crick: "¿Podría suprimir la oración 'Es sabido que existe mucho material experimental sin publicar'? (Esto resulta un poco irónico.)"

Primero Wilkins, después Franklin, tomaron el tren a Cambridge para ver el modelo. Franklin elegantemente aceptó que la estructura debía estar correcta, y su aceptación sorprendió a Watson, pues éste no sabía qué tan lejos había llegado ella. Bragg aclaró que le parecía bien que se hicieran tres publicaciones simultáneas.

Crick y Watson tardaron más en armar la versión final de la carta a *Nature*, que en construir el modelo. Las palabras ilanas apenas transmitían el júbilo que los dos sentían, aunque había un par de expresiones floridas incluidas por Watson. La carta se puso en el correo el 2 de abril.

Anuncio público de la estructura

Pauling llegó a Cambridge la primera semana de abril, un par de días después de que se enviara la carta a *Nature*. Vio el modelo y el dibujo del patrón de rayos X de Franklin de la forma B, oyó la pulida explicación de

Crick dijo: "Me parece que ésa es la naturaleza de los descubrimientos muchas veces: que la razón por la cual son difíciles de hacer es que tiene uno que dar una serie de pasos, y si no lo hace, no llega a nada"

Crick y estuvo de acuerdo con que parecía correcta la estructura. Pauling y Bragg fueron después a Bruselas a la Conferencia Solvay de químicos, una junta ocasional, reducida y con un distinguido historial, llamada así por el industrial y químico belga, Ernest Solvay. En la Conferencia, Bragg reportó lo que habían descubierto Watson y Crick, y ése fue el primer anuncio hecho en público de la estructura. Pauling apoyó a Bragg y a la estructura generosamente, diciendo durante la discusión: "Aunque sólo hace dos meses desde que el profesor Corey y yo publicamos nuestra propuesta estructura para el ácido nucleico, pienso que debemos admitir que quizá es incorrecta... Aun cuando todavía puede perfeccionarse, siento que es muy probable que la estructura de Watson y Crick sea esencialmente correcta." Mencionó el método de duplicación inherente al modelo, y dijo: "Creo que la formulación de la estructura de Watson y Crick puede ser el desarrollo más importante en el campo de la genética molecular en los años recientes."

Entre los cuarenta y un participantes en la Conferencia, estaba el bioquímico sueco Arne Tiselius, quien había sido miembro del Comité Nobel para Química desde 1946; Tiselius fue nombrado presidente de la Fundación Nobel en 1960, dos años antes que se diera el premio de química a Perutz y Kendrew, por sus primeras soluciones de las estructu-

ras de proteínas, y el premio en fisiología o medicina, a Crick, Watson y Wilkins, por la estructura del ADN.

La carta a *Nature* apareció en el número del 25 de abril. Para aquellos de sus lectores que estaban al corriente de la cuestión y no habían oído las noticias, la carta debe haber sido como una descarga eléctrica en un mar tranquilo. "Queremos sugerir una estructura para la sal del ácido

desoxirribonucleico (ADN). Esta estructura tiene características novedosas que son de gran interés biológico", comenzaba la carta, y terminaba: "No ha escapado a nuestra observación que el acoplamiento específico que postulamos sugiere inmediatamente un posible mecanismo que pueda copiar el material genético." Se ha llamado a esta última frase una de las declaraciones más modestas en la literatura de la ciencia. Según Watson, Crick la escribió. Siguió el trabajo de Wilkins, firmado también por dos de sus asociados en el King's College —Alexander Stokes y H. R. Wilson. Era una aplicación de la teoría de difracción helicoidal al ADN, y cobraba vida y significado sólo en los últimos párrafos, donde Wilkins brevemente reportaba que sus estudios de difracción de rayos X de cabezas de esperma intactas y del bacteriófago —conteniendo ambos, desde luego, una alta proporción de ADN— daban patrones que sugerían que el ADN en las criaturas con vida tenía una estructura helicoidal similar al modelo planteado anteriormente. La nota de Franklin y Gosling venía después. Era una revisión y extensión de su borrador de mediados de marzo; a la luz del modelo. Presentaba la importante fotografía de difracción de la estructura B, y analizaba tanto ésa como la otra prueba experimental para demostrar —con brusca autoridad— que los datos de Franklin eran compatibles con la estructura de Watson y Crick.

Si a Watson lo hubiera matado una pelota de tenis, estoy razonablemente seguro de que no hubiera resuelto la estructura yo solo, ¿pero quién hubiera podido?", escribió Crick en *Nature* para el 25 aniversario de su primer trabajo. Y continuaba:

Watson y yo siempre pensamos que Linus Pauling seguramente haría el intento de proponer otra estructura después de haber visto los datos de rayos X en el King's College, pero recientemente ha manifestado que, aunque inmediatamente le gustó nuestra estructura, le tomó algo de tiempo aceptar finalmente que la suya estaba equivocada. Sin nuestro modelo, quizá jamás lo hubiera hecho. Rosalind Franklin estaba sólo a dos pasos de la solución... Se encontraba, sin embargo, a punto de abandonar el King's College y el ADN, para trabajar, en su lugar, en el VMT (virus del mosaico del tabaco) con Bernal. Maurice Wilkins nos había anunciado, justo antes de que supiera de nuestra estructura, que iba a trabajar tiempo completo en el problema... Dudo yo mismo si el descubrimiento de la estructura hubiera podido demorarse más de dos o tres años.

Existe un argumento más general, sin embargo, propuesto recientemente por Gunther Stent y apoyado por pensadores tan sofisticados como (Sir Peter) Medawar. Este dice que si Watson y yo no hubiéramos descubierto la estructura, en lugar de haber sido revelada con ceremonia, se hubiera dado a conocer gota a gota y que su impacto habría sido mucho menor. Por este motivo, Stent había dicho que un descubrimiento científico es más semejante a una obra de arte que lo que generalmente se admite. El estilo, argumenta, es tan importante como el contenido.

No estoy completamente convencido... por lo menos en este caso. Más que pensar que Watson y Crick hicieron la estructura del ADN, prefiero destacar que la estructura hizo a Watson y Crick. Después de todo, yo era casi totalmente desconocido en ese tiempo y a Watson se le consideraba, en la

mayoría de los círculos, demasiado inteligente como para estar sano. Pero lo que yo creo que se pasa por alto en tales discusiones es la belleza intrínseca de la doble hélice del ADN. Es una molécula que tiene estilo, casi tanto como los científicos.

Examinado de cerca, le dije una vez a Crick, parece curiosamente difícil atribuir el descubrimiento a un momento o a una percepción, ni aun a una sola persona.

"No creo que eso sea curioso —dijo Crick—. Me parece que ésa es la naturaleza de los descubrimientos muchas veces: que la razón por la cual son difíciles de hacer es que tiene uno que dar una serie de pasos, tres o cuatro, y si no lo hace, no llega a nada. No se trata de un solo salto, eso sería fácil. Hay que dar varios saltos sucesivos. Y, generalmente, los datos van cayendo uno tras otro, hasta que eventualmente todo se une y hace clic. De otra forma, sería demasiado fácil."

¿Pero hubo un momento en que todo el ADN hizo clic?

"Oh sí, hubo un momento en que todo hizo clic en lo que a mí concierne. Fue el momento cuando Jerry Donohue nos habló de las formas tautómeras. En seguida me di cuenta de que podía lograrse algo por medio del acoplamiento de las bases. Aunque en realidad no dije que deberíamos construir esto o aquello, pensé que era obvio. Lo recuerdo como algo que vi muy claramente, y que me pareció que ellos percibieron muy claramente; pero no lo dije con todas sus palabras. Sin embargo, ése fue el momento cuando, por así decirlo, la última pieza cayó en su lugar. Era únicamente lo que se necesitaba." Entonces, se rió. "De ahí en adelante, sólo tenía que tratar y ver que funcionara. Pero no había otro salto que dar."

Todo se reducía, dije, a que la diferencia entre la experiencia de Crick del descubrimiento y la de Watson era el momento en que quedó clara la solución.

"Sí, creo que Jim supo muy claramente cuál fue ésta, experimentó la misma cosa."

Pero Watson llegó la siguiente ma-

ñana y halló los pares correctos, antes de que llegara Crick.

"Es cierto, sí, sí. Yo llegué después. El lo logró, no hay duda. Pero la sensación que tuvimos en esa ocasión fue, es muy curioso, que sería demasiado bueno para ser verdad si funcionaba, ve usted. Y si me pregunta por qué no lo hice yo mismo esa noche, no lo sé. Jim llegó muy pronto; hubiéramos podido tardar otra semana."

"Lo resolví, creo, porque nadie más estaba prestandole atención de tiempo completo al problema —me dijo Watson—. Claro, puede decirse que otras varias personas hubieran podido lograrlo mientras tanto. Crick realmente no estaba pensando en ello. Durante el período de una semana, más o menos, en que se encontraba preocupado por la forma en que debían juntarse las bases, no creo que Crick se haya preocupado por lo otro. Ahora, por qué no lo estaba: 'Bueno, Jim está pensando en ello, y quizá si no llega a ningún lado, yo me ocuparé de ello'. La cosa no es que fuera difícil para nadie pensarlo hasta el final, era ponerse uno mismo en la posición en la que ése fuera el único problema en que pensar. No tenía yo nada más que hacer. Estaba totalmente desocupado. Y fui yo quien lo conseguí." Se detuvo y tomó aire con un silbido y una mueca. "El único otro que hubiera podido hacerlo era Crick regresar esa noche, y, ¡ah!, lograrlo."

¿O Donohue, quien conocía todo lo que Watson y Crick sabían?

"El hubiera podido hacerlo. Pero no había venido a Cambridge a resolver el problema. El ADN era tan sólo, ah, usted sabe, otra gran molécula, y no tenía nada de especial."

Watson, el personaje

El personaje más extraño en la búsqueda del ADN es el que Watson creó en *La doble hélice*, para esconderse a sí mismo: inteligencia presuntuosa, torpeza segura, un joven norteamericano del medio oeste en Europa. Maurice Wilkins conocía bien a Watson en esa época, y parodia la biografía de Watson. "Soy Jim, soy inteligente. La mayor parte del tiempo,



James Watson

Crick también es inteligente", me lo caracterizó Wilkins. "Los demás son unos tontos". Un poco más tranquilo y más perceptivamente, Wilkins añadió: "Jim hace el papel del gran simplón". Sin embargo, al leer *La doble hélice*, uno ve que Watson era más intuitivo de lo que se permitía aparentar, y seguramente más atormentado. Su nombre de trabajo para *La doble hélice* cuando el primer borrador circulaba en manuscrito en los Estados Unidos e Inglaterra, era "Jim el honesto". Su escritura es directa, nerviosa, clara, como si por impaciencia fuera torpe, y más hábil de lo que la autocaracterización nos hace esperar. El libro de texto universitario de Watson, publicado antes que su biografía, muestra cualidades que iluminan al libro posterior. *Biología molecular del gene*: su título es una larga afirmación. La manera es autoritaria. Hay urgencia, hasta ingenio, pero la reflexión no tiene cabida porque no se tolera el argumento.

Así, la textura intelectual de la ciencia en proceso es sofocada, creo, con la pérdida de lo que debería de ser el primero, aunque más intangible, interés de la enseñanza. El texto se ha vendido sumamente bien por su propio derecho.

Crick encontró que *La doble hélice* era una irritante invasión a la privacidad, vulgar, inexacto, y una gran violación a la amistad. Después de leer uno de los borradores, en la primave-

ra de 1967, le escribió a Watson una furiosa carta, y mandó copias por lo menos a otras diez personas implicadas, comenzando por Sir Lawrence Bragg y el jefe de Watson en esa época —Nathan Pusey, director de Harvard—. “Si persistes en la idea de ver tu libro como historia, tendré que añadir que muestra una visión tan ingenua y egoísta del tema, que llega a ser escasamente creíble —escribió Crick—. Cualquier cosa con un contenido intelectual, incluyendo asuntos que eran de vital importancia para nosotros en ese tiempo, es saltado u omitido. Tu visión de la histo-

“Creo que odiaría estar en una posición donde no tuviera que saber datos —decía Watson—, para mí uno todavía es científico si conoce los datos, y aún trata de pensar en ellos”

ria es la que se encuentra en la clase inferior de las revistas femeninas.” En el centro de la rabia de Crick, estaba la amistad traicionada, pero también había un asunto de otro tipo:

Tu libro es engañoso porque no transmite con exactitud la atmósfera en la que se hizo el trabajo. La mayor parte del tiempo, estábamos ocupados en complicadas discusiones intelectuales respecto de detalles de cristalografía y bioquímica. La motivación principal era poder entender. La ciencia no se hace meramente por medio de chismes con otros científicos, mucho menos peleándose con ellos. Los requerimientos más importantes en el trabajo teórico son una combinación de pensamiento preciso e ideas imaginativas.

A Crick ya se le ha pasado casi todo su enojo. Durante un tiempo, su laboratorio mantuvo una lista de probables títulos para una posible contrabiografía hecha por Crick. Sydney Brenner, su compañero de oficina en Cambridge durante muchos años, sugirió “Más inteligente que mil Jims”. Pero Crick prefería el título de “La tuerca floja”,* e inventó un mor-

* “The Loose Screw”. Screw también quiere decir loco. N. del T.

daz comienzo: “Jim siempre era torpe con sus manos. No había más que verlo pelar una naranja.” Un punto aún le sorprende: las continuas referencias de Watson a su anhelo por un Premio Nobel. “Porque en ninguna ocasión recuerdo que él me haya dicho nada sobre eso —me dijo Crick—. Desde luego no entró en mis pensamientos, y no me parecía que estuviera en su mente. Mi impresión fue que sólo estábamos, usted sabe, *locamente ansiosos de resolver el problema*, y todos los otros problemas relacionados con éste. Así que eso sí me sorprendió.”

Bragg fue más benévolo con Wat-

son y su libro. Donde Crick lo había “moleestado ferozmente”, Watson, con su juventud, no lo había hecho. Bragg escribió un cortés prólogo a *La doble hélice* subrayando, sin embargo, que “aquellos que aparecen en el libro, deben leerlo con espíritu indulgente”. Después, me dijo, “Pensé que debería publicarse. Ellos —Pauling, Wilkins y Crick— con toda razón pensaron que no siempre el libro era muy fiel. No es el libro de un hombre maduro, para nada. Un joven algo impetuoso que viene a Europa por primera vez, sus violentas reacciones a este hecho, ése es el interés del libro. Es por ello que pensé que debía ser publicado, como una muestra. Pero vea usted, como supongo que no la tendría un hombre joven, no poseía la responsabilidad que creo hubiera tenido un hombre más maduro, debido a que atribuí acciones y pensamientos a las personas, no porque supiera que los hubieran tenido, sino porque pensaba que era la clase de cosa que habrían hecho. Una interpretación de novelista.”

“La gente siempre me pregunta: ‘¿Está usted trabajando en ciencia? ¿Está haciendo experimentos?’ Y digo que no, y entonces parecen pensar que es terrible, que he de ser muy infeliz, pero en realidad, no lo soy

—dijo Watson—. Lo que lo hace a uno feliz es la aparición de ciencia nueva, así que si veo que surge nueva ciencia, entonces soy feliz.” Estábamos sentados en su oficina en los Laboratorios Biológicos de Harvard, en 1973. La habitación era estrecha, muy ordenada, con pequeñas indicaciones obvias de que lo que se practicaba ahí era la ciencia. Algunos papeles estaban extendidos sobre su escritorio, que era de tipo regular para oficina, no muy grande. Unos libros cubrían parte de la pared detrás de su sillón. Los libros incluían trabajos de referencia de biólogos, algunas copias de sus libros en varias traducciones, sólo una copia de *La doble hélice* en inglés, y un número de libros sobre teatro, entre ellos, *Tynan Right and Left* y *El espacio vacío* de Peter Brook. Watson dijo: “En gran parte, creo que ahora soy administrador.” Su manera de hablar era algo jadeante, titubeante, arrítmica, como si estuviera siempre medio paso adelante de su pensamiento, o atrás de él. Los estudiantes de Harvard han dicho que su estilo de dar clase es como si se hablara a sí mismo. Acepta estas cosas con la misma claridad de visión que dirige a sus competidores y a sus amigos. “Nunca he hecho mucho con mis manos. He estado intentando juntar un grupo en Cold Spring Harbor para trabajar con células de mamíferos, y crear las condiciones con las cuales se puede trabajar es en gran parte una labor administrativa. Y ahora escribo libros. He editado un libro sobre el virus del cáncer; el laboratorio va a publicarlo. Hay una nueva edición de *Biología molecular del gene*. Es muy difícil, uno no puede estar a la cabeza de todo, porque lo simplifica demasiado, y sabe que lo está haciendo, y espera no quedarse atrás, atrás en el mal sentido de la palabra.

“Creo que odiaría estar en una posición donde no tuviera que saber datos. Para mí, uno todavía es científico si conoce los datos, y aún trata de pensar en ellos. Así que no creo que haya dejado la ciencia. Encuentro esa pregunta horrible. Algunas personas me pedían, sabe usted, que les explicara el ADN. Le preguntan a uno, ‘¿Cuál es la importancia del ADN para la humanidad, doctor Watson?’ No se puede contestar.”

Un logro importante en la juventud debe dejar un residuo de nostalgia. *La doble hélice* termina en la primavera de 1953 con Watson en París, “mirando a las chicas de pelo largo cerca de Saint Germain des Près y sabiendo que no eran para mí. Tenía veinticinco años y era demasiado viejo para ser extraño”. Uno descarta eso; no obstante, en su libro de texto, Watson escribió acerca de la estructura del ADN: “Antes de que se conociera la respuesta, había siempre existido el leve temor de que resultara insulsa, que no revelara nada acerca de cómo se reproducen y funcionan los genes. Por fortuna, sin embargo, la respuesta fue inmensamente excitante.” Cinco semanas después de la publicación en *Nature* del primer trabajo de Watson y Crick, apareció el segundo, en el cual, después de volver a explicar la estructura y la evidencia, se referían a algunas implicaciones genéticas:

Discusiones previas de la autoduplicación, generalmente, han incluido el concepto de un molde. Ya sea que el molde debía copiarse a sí mismo directamente, o que debía producir un “negativo”, que a su vez actuaría como molde y produciría el “positivo” original una vez más. En ningún caso se ha explicado en detalle cómo haría esto en término de átomos y moléculas.

La aclaración de la estructura del ADN necesitaba una nueva explicación funcional:

Ahora nuestro modelo para el ácido desoxirribonucleico es, en efecto, un par de moldes, cada uno de los cuales es complementario del otro. Imaginamos que antes de la duplicación, los puentes de hidrógeno (que conectan cada uno de los pares de las bases) se rompen, y las dos cadenas se desenrollan y separan. Cada cadena entonces actúa como un molde para la formación de una nueva cadena compañera, de manera que, eventualmente, tendremos dos pares de cadenas, donde sólo teníamos uno antes. Más aún, la secuencia de los pares de bases se habrá duplicado exactamente.

Reconocieron la objeción más extraña que se hubiera hecho al modelo, pero no la contestaron:

Ya que las dos cadenas de nuestro modelo están entrelazadas, es esencial para ellas desenrollarse si han de separarse... Cualquiera que fuera la precisa estructura del cromosoma, se necesitaría que se desenroscaran... Aunque es difícil ver, por el momento, cómo ocurren estos procesos sin que todo se enrede, no sentimos que esta objeción sea insuperable.

Se ha dicho que el empaque de todo tipo de moléculas dentro de una célula es tan denso, que hace que el

El modelo de ADN constituía una propuesta acerca de la naturaleza física de una sustancia biológica

metro en Nueva York o Tokio a la hora pico parezca poco lleno. Una célula de mamífero, invisible a simple vista, contiene —junto con sus enzimas y otras proteínas, grasas, azúcares, aminoácidos, nucleótidos y otros materiales de construcción, moléculas que llevan energía, y lo demás— una yarda del ADN de doble cadena. Cómo se desenrollan y se vuelven a enrollar en ese espacio mínimo no se entiende aún muy bien. La estructura de los cromosomas —el arreglo y funcionamiento del ADN y la proteína en ellos— también es un problema. Crick volvió a eso a principios de los años setenta.

La conferencia de Pauling

En junio de 1953, Watson fue a Cold Spring Harbor para el simposio anual, que ese año trataba de los virus. Casi todo el grupo de los fagos estuvo allí. Un trabajo de Watson y Crick se insertó en el programa en el último momento. Antes de la junta, Delbrück distribuyó, ya que se necesitaba leer, copias del primer trabajo de Watson y Crick en *Nature*. Escribieron otro trabajo más sobre el ADN, la más larga —dieciséis páginas— y más completa exposición de los razonamientos que habían desarrollado. Se terminó ese verano y apareció en *Proceedings of the Royal So-*

ciety a finales del siguiente invierno. A finales del verano, Watson se fue de Cambridge para su beca en Caltech. En septiembre, casi la totalidad de los actores del drama se juntaron en Pasadena con el fin de asistir a la conferencia de Pauling sobre proteínas, como para una llamada a escena. Pauling y Delbrück estaban ahí, Watson vivía ahí, Crick vino, y Bragg, Perutz, Kendrew, Randall, Astbury, Wilkins, y treinta y ocho más. Franklin se quedó en Londres. Fue una reunión animada, hasta efervescente, con logros. Pauling prosiguió con las ramificaciones biológicas de la hélice alfa y otras estructuras en las proteínas. Watson presentó la doble hélice del ADN. Perutz

anunció que había encontrado una técnica por la cual una molécula de proteína podía ser modificada para obtener y comparar dos o tres variantes de diagramas de rayos X, con el fin de localizar de esta manera cada pedazo de la molécula como si se hiciera estereoscópicamente y, finalmente, derivar su estructura.

Ese otoño, Watson escribió a Crick desde Pasadena, objetando la idea de que este último diera una conferencia acerca del descubrimiento por la BBC:

Todavía pienso que sería de mal gusto dar una plática en el tercer (programa). Hay quienes piensan que pirateamos datos, y yo tengo la creencia de que pocos enemigos son peores que pocos admiradores... Básicamente, sin embargo, tú eres el que sufre más las consecuencias de tus intentos por lograr publicidad. Mi interés principal, es que no me metas en eso.

Mencionó entonces un plan para estudiar la estructura del otro ácido nucleico, ARN. El y Crick esperaban que su estructura surgiría claramente, pero resultó ser mucho más difícil. Mientras tanto, se dejó a los demás aclarar los detalles del modelo de Watson y Crick del ADN, y resolver algunas dudas que inspiraba.

Se trataba de algo más que de sim-

plemente juntar los pedazos: los puntos esenciales de confirmación faltaban. De abril a septiembre de 1953, Watson y Crick escribieron cuatro trabajos y dieron varias pláticas a audiencias científicas acerca de su propuesta estructura. Mientras ellos manejaban cada vez mejor tanto el razonamiento como la evidencia, toda ésta, aun la del trabajo para la Royal Society, venía de trabajos de otros. El modelo que Watson y Crick habían ideado, a pesar de su presencia física sobre la mesa en el rincón de una habitación del Laboratorio

Franklin finalmente resolvió sus grandes dificultades sobre la Síntesis de Patterson de la estructura A. Conocía las medidas y las matemáticas, y pronto demostró que la estructura A también cabía dentro del tipo de modelo propuesto, exactamente con los cambios que pedían las diferencias en longitud de las fibras del ADN. En julio de 1953, escribió en *Nature*:

Sugerimos que la unidad en la estructura A es, igual que en la B, dos cadenas helicoidales coaxiales

Cairns, el predecesor de Watson como director del laboratorio de Cold Spring Harbor, me sorprendió al describirme la demostración de Meselson, sin salvedad, como "el más bello experimento en biología"

Cavendish, tenía su única posición importante como teoría: una teoría en el sentido neutral, no peyorativo, en el que Francis Crick, o Albert Einstein, para el caso, era un teórico. El modelo del ADN constituía una propuesta acerca de la naturaleza física de una sustancia biológica. Esta propuesta tenía sus consecuencias: si era falsa, algunas de ellas no se encontrarían por medio del experimento. El primer propósito científico de la serie de trabajos era encontrar qué consecuencias deberían producirse para que el modelo, la teoría, pudiera ser probada. El segundo propósito de los trabajos, desde luego, formaba parte del trabajo práctico de la ciencia: hacer a la estructura del conocimiento general, para empezar a arraigarla cada vez más profundamente dentro del patrón de pensamiento de la comunidad científica.

Confirmaciones de la estructura

La primera confirmación independiente de la estructura vino de Franklin, quien ahora estaba en el Birbeck College, y de Gosling, todavía en el King's. En la primavera de 1953, ellos terminaron su trabajo cristalográfico en el ADN. Con el modelo de la estructura B en mente,

que corren en diferentes direcciones. En el cambio de B a A, el número de residuos (pares de nucleótidos) por cada vuelta, aumenta de diez a once y la inclinación de la hélice disminuye de 34 Å a 28.

Las dos estructuras eran, después de todo, tan similares, que la transición reversible entre A y B se explicaba ampliamente. Mientras las moléculas se acortaban para la estructura A, la distancia entre las bases se reducía de 3.4 Å a 2.5, y los pares de base ya no estaban tendidos, sino inclinados unos 25 grados.

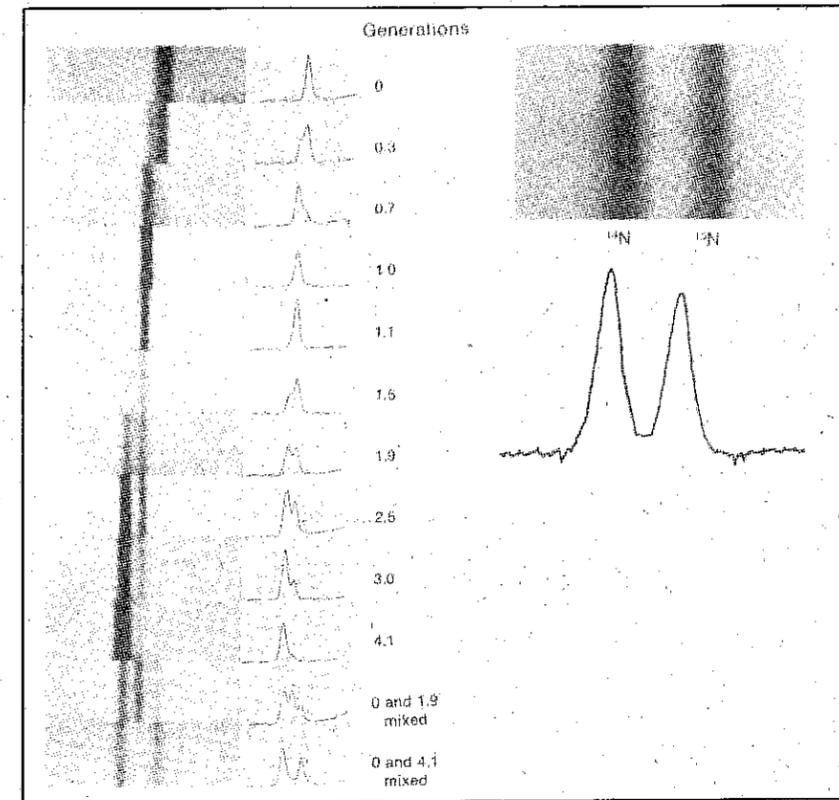
La segunda clase de confirmación que se necesitaba era la biológica. En especial, si el ADN se multiplicaba por medio del desenrollamiento de las dos cadenas, mientras que cada una dictaba que se le juntara a sí misma una nueva cadena complementaria, extrayendo los nucleótidos necesarios por pares procedentes del medio, entonces esas cadenas originales estaban aún presentes en las dos moléculas hijas, divididas entre ellas, y presentes también entre las cuatro moléculas de la siguiente duplicación, las ocho de la siguiente, y así sucesivamente. En principio, en alguna parte de los miles de millones de células en un bebé recién nacido, enteramente desarrollado, sobreviven in-

tactas, aunque muchas veces desarrolladas y enrolladas, las cadenas originales del ADN del padre y de la madre que se habían juntado en una célula única en el momento de la concepción. Esta idea es la única consecuencia de la teoría del modelo. Si las cadenas originales pudieran ser apartadas intactas, entonces el método de reproducción que el modelo requiere se distinguiría de otras dos posibilidades: una, llamada dispersiva, en la cual no se conserva la estructura sino, más bien, todo el ADN se quiebra en fragmentos que se unen en un nuevo ADN, por algunos medios que serían el objeto inmediato de una búsqueda a nivel mundial; la otra, totalmente conservadora, en la cual la doble cadena no se desenreda para nada, sino que es copiada en nuevas cadenas dobles de otra manera. Gunther Stent fue el primero en exponer las tres opciones en un trabajo que publicó con Max Delbrück. Entre las dos posibilidades, estaba aquella predicha por el modelo de Watson y Crick, que Stent llamó duplicación semiconservadora. La comprobación era un asunto para los genetistas bacterianos y de fagos. Se hizo un primer intento por encontrarla, poco después de que Watson y Crick propusieron su estructura, usando fósforo radiactivo para marcar la primera generación del ADN en microorganismos. Los resultados fueron ambiguos, y después de eso, la búsqueda se volvió enormemente ingeniosa.

Escuché por primera vez sobre la duplicación semiconservadora en la mañana del Año Nuevo de 1958, en Chicago, mientras desayunaba con seis amigos que habían estudiado conmigo en la Universidad de Chicago a finales de los años cuarenta (cuando empezamos, Watson cursaba su último año). Mathew Meselson, que acababa de terminar su doctorado con Pauling en Caltech, sacó una fotografía de su cartera y nos la enseñó. Mostraba un número de franjas grises, cruzadas por unas bandas estrechas de color gris oscuro —unas franjas tenían una banda, otras, dos o tres juntas cerca de la mitad. La fotografía era el principal resultado de un experimento que Meselson había inventado con Franklin

Stahl, un compañero de doctorado en Caltech. Aún no escribían el trabajo. El trabajo que nos describió es reconocido ahora como una demostración de una fina destreza técnica, mientras que, conceptualmente, su demostración de la manera en que el ADN se duplica a sí mismo se ha vuelto, simplemente, una parte de la corriente principal del pensamiento científico. En el lugar que ocupó hacia el final de la historia de la dilucidación de la estructura y función del ADN, el trabajo de Meselson y Stahl tiene una importancia —una autoridad— igual a la del anuncio de Oswald Avery, hecho 14 años antes, acerca del aislamiento del principio de transformación y su identificación como ADN. "Clásico", fue el adjetivo de Watson para el trabajo de Meselson y Stahl. En una conversación, un día en 1974, John Cairns, el predecesor de Watson como director del laboratorio de Cold Spring Harbor, me sorprendió al describirme la demostración de Meselson, sin salvedad, como "el más bello experimento en biología".

El experimento era directo, preciso, hasta parecía fácil. Lo que había provocado varias salidas en falso, ahora estaba funcionando de manera que permitía hacer distinciones extremadamente finas entre el ADN original, si en verdad las cadenas se separaban y conservaban, y la tan multiplicada progenie. Meselson habló algo acerca de esas salidas falsas, mientras nos explicaba la fotografía esa mañana de invierno y, desde entonces, él y yo hemos hablado otras veces del experimento. Meselson y Stahl se encontraron por primera vez cuando este último estaba tomando un curso en Woods Hole, en el verano de 1954, mientras que Meselson realizaba una investigación ahí mismo. Aun en sus primeras conversaciones acerca de la duplicación semiconservadora, aunque otros habían dicho que el marcaje radiactivo era la técnica obvia, ellos pensaron que quizá podrían, más bien, usar diferencias en densidad para marcar las cadenas del ADN. La noción no era diferente de la de marcaje radiactivo, excepto que en este caso se usaría el peso. Pensaron cultivar una cosecha de microorganismos en un caldo que



Las bandas oscuras de la izquierda corresponden a la fotografía de absorción ultravioleta de las bandas del ADN, después de 20 horas de centrifugación en cloruro de cesio a una velocidad aproximada de 45 000 rpm. Las curvas en pico a la derecha son partes obtenidas con un densitómetro de las bandas de ADN, lo que se observa en las fotografías adyacentes, que se presentan para facilitar la interpretación cuantitativa.

Los intervalos en los tiempos de generación se cuentan a partir del momento en que las células totalmente marcadas se colocan en el centro que contiene N^{14} . En el momento del tiempo 0 todo el ADN es "pesado"; después de una generación es de densidad intermedia; y después de dos generaciones una mitad es de densidad intermedia y la otra ligera. Las generaciones subsiguientes diluyen el material de densidad intermedia, pero no producen otra clase de densidad. Se observan únicamente tres clases de densidad propia (tomado de Meselson, M. y Stahl, F.N., *Proceedings of the National Academy of Sciences*, EE.UU., 1958)

proveyera algún elemento esencial para el crecimiento en la forma de un isótopo pesado, luego cultivar una sola generación en un caldo normal, recoger el ADN, y tratar de separar las moléculas pesadas de las ligeras por medio de la centrifuga. Primero hablaron de usar hidrógeno pesado, el isótopo que tiene el doble de peso que el hidrógeno ordinario, el cual podía ser introducido en la forma de agua pesada. Después, un año más tarde, cuando Meselson y Stahl estuvieron ambos en Caltech —compartiendo una casa en Pasadena con otros biólogos aprendices, justo enfrente de su laboratorio— empezaron a tratar de marcar el fago del ADN con una pirimidina poco usual, llamada 5-bromuracilo, que es como la

base normal de la timina, excepto que contiene un átomo de bromo y es mucho más pesada; el fago confundió la verdadera timina con la falsa, y la incorporó al ADN que estaba creciendo. Pero el fago marcado se rompía en pedazos en la centrifuga. "Los fagos eran demasiado difíciles de manejar, demasiado frágiles —dijo Meselson—. Fue un lío."

Mientras, ellos habían inventado una nueva forma de usar la ultracentrifuga. La técnica se llama centrifugación de gradiente de densidad y, a pesar del confuso término, la idea detrás de él es apenas más complicada que la observación de que los nadadores no se hunden en el Gran Lago Salado o en el Mar Muerto. Efectivamente, el gradiente de densidad es

un sutil refinamiento del principio a propósito del cual, Arquímedes gritó "¡Eureka!" Arquímedes hizo su descubrimiento en el baño; Meselson comenzó el suyo en la mesa del comedor. "En la casa donde vivíamos en Caltech, teníamos una tabla periódica de los elementos en la pared del cuarto de visitas —dijo Meselson—. Era un gran cuadro, hecho de hule, precioso. En fin, el primer experimento lo realizamos a la hora de la cena. Teníamos azúcar en la mesa —recuerdo la noche claramente, estábamos Stahl y yo y otras personas— y yo puse mucha azúcar en un

Después de la desviación a causa del fago y el 5-bromouracilo, Meselson y Stahl regresaron a su idea original de usar un isótopo para marcar

vaso y lo llené con agua, después me corté un pedazo de uña y se lo eché, para ver si podían flotar, en una solución como ésa, materiales de la densidad del ADN. Quiero decir, no conocíamos exactamente la densidad del ADN —aunque más tarde ya la supimos— pero una uña nos pareció una analogía razonable. Y la uña se hundió, aun en una solución de azúcar más concentrada.

"Así que necesitábamos algo más denso. Fuimos al cuadro del cuarto de visitas y dijimos: 'Bueno, necesitamos algo como sal de mesa, cloruro de sodio, pero muy denso', así que leímos toda la tabla, desde sodio hasta los elementos más pesados que son químicamente similares —potasio, rubidio, y luego cesio, que es el último elemento natural en ese grupo. Y hubiéramos podido usar otras sales de cesio —el bromuro, el yoduro— pero sabíamos que el cloruro era el más estable y el que probablemente dañaría menos al ADN. Así que escogimos el cloruro de cesio." Meselson seleccionó así una solución de sal en agua, como el Gran Lago Salado, excepto que la sal era mucho más pesada.

Efectivamente, el cloruro de cesio produjo una solución cuya densidad resultaba adecuada para adaptarse a las densidades de las sustancias que querían hacer flotar, o hundirse, o

permanecer suspendidas. En el laboratorio de Jerome Vinograd, un físico-químico, había un nuevo modelo de centrifuga, diseñado para permitir tomar fotografías de un tubo individual mientras gira. Con esta máquina encontraron que si un tubo de solución de cloruro de cesio se hacía girar unas horas a cerca de 45 mil revoluciones por minuto, la sal —aunque estaba en solución, disuelta en el agua— era forzada a hacerse más concentrada hacia la parte de abajo del tubo. Aquí estaba el adelanto importante sobre Arquímedes. La concentración de sal formaba un

gradiente de densidad creciente. "Quedamos sorprendidos de lo rápido que dichos gradientes alcanzan su estado de equilibrio", dijo Meselson. Cuando el ADN estaba también presente en la solución y girando, fuerzas extremas —140 mil veces mayores que la fuerza de gravedad— actuaban sobre las moléculas individuales. Las que empezaron en la parte inferior del gradiente de sal, donde la densidad pronto se hizo mayor que la suya, flotaron hacia arriba, mientras que las que estaban cerca de la parte de arriba fueron empujadas hacia abajo, hasta que todas alcanzaron la estrecha región del gradiente que igualaba su propia densidad exactamente. El resultado, cuando se fotografió el tubo con la luz ultravioleta que pasaba por él, fue una oscura banda a través del gris más claro de la solución.

Después de la desviación a causa del fago y el 5-bromouracilo, Meselson y Stahl regresaron a su idea original de usar un isótopo para marcar. "Y cambiamos del fago de ADN a ADN puro, libre de bacterias —la mismísima *Escherichia coli*", afirmó Meselson. Se refería a la bacteria que se ha vuelto la criatura experimental más usada, totalmente comprendida en biología. "Hubo un pequeño salto del pensamiento implicado en eso, que hoy suena ridículo, de hecho,

suena vergonzoso ahora. Pero si uno trabaja con el bacteriófago T4, aunque se cultiven las malditas cosas en *Escherichia coli*, es un trabajador en fago. Hacer un experimento con la misma *E. coli* requiere un salto pequeño —es como cambiar a trabajar con ratones, aunque no sea un salto tan grande. Y fue una clase especial de salto porque personas muy sofisticadas, inteligentes, trabajan con fagos, pero un grupo más bien aburrido lo hace con bacterias —o quizá se trataba de personas que no eran muy apreciadas en nuestro laboratorio. Estas cosas nunca se decían, pero flotaban en la mente de uno. Caltech era Delbrück y el grupo de los fagos, y los científicos que trabajaban con bacterias estaban —digamos— fuera del círculo. Ahora, nada de esto es sensato. Pero en el trasfondo, creo que había esta aversión a las bacterias. De todas maneras, dimos el salto. Y resultó muy bueno."

Estudios con bacterias

Meselson y Stahl escogieron para su marcaje al pesado (y no radiactivo) isótopo de nitrógeno, un átomo que tiene un peso equivalente a 15 átomos de hidrógeno, y se escribe por lo tanto N^{15} , mientras que el nitrógeno común tiene un peso atómico de 14 y se escribe N^{14} . Cultivaron *E. coli* por catorce generaciones a 37°C de temperatura en un caldo en el cual la única fuente de nitrógeno era el cloruro de amonio —una sal blanca conocida durante siglos como sal de amoníaco— que había sido combinada con nitrógeno pesado. Después de 15 horas, las bacterias alcanzaron una concentración de 1 000 millones en cada cucharada, y se había incorporado el nitrógeno pesado a las bases de todos sus ADN. Dichos ADN, Meselson y Stahl pensaron, deberían tener una densidad casi 1% mayor que la normal. Tomaron una muestra de cerca de 4 000 millones de bacterias, y pusieron abruptamente el resto del cultivo a crecer en nitrógeno ligero, agregando una gran cantidad de cloruro de amonio hecho con el elemento común.

En diversas ocasiones durante cada una de otras muchas generacio-

nes, tomaron otra muestra. Finalmente, como punto de referencia, hicieron una muestra separada de bacterias comunes, sin marcar. Cada muestra se enfrió rápidamente y se centrifugó en forma ligera durante cinco minutos, para hacer de las bacterias una pildora. Las células en cada una de ellas se abrieron cuando se les añadió un simple detergente, para soltar su ADN. Se puso una porción medida de cada muestra en una solución de cloruro de cesio, y cada tubo se giró 44 770 veces por minuto durante 20 horas.

El ADN de la primera muestra, recolectado antes de que se introdujera el nitrógeno más ligero, formó una frágil y definida banda hacia el lado inferior más denso del gradiente. El ADN sin marcar de esa muestra formó una banda más arriba. Cuando las dos clases fueron mezcladas y giradas, se separaron, formándose dos bandas, con un espacio intermedio. Estos fueron los controles establecidos. En el experimento central, si la duplicación era semiconservadora, entonces precisamente al final de la primera generación de bacterias cultivadas con nitrógeno ordinario, todo el ADN en la muestra debería ser híbrido: cada doble hélice recién creada tendría que estar compuesta de una cadena pesada y una ligera, para que todo apareciera en una única banda a medio camino entre las posiciones marcadas y las no marcadas —pesadas y ligeras— en el gradiente. Después, en la segunda generación, Meselson esperaba encontrar dos clases de moléculas de ADN —unas híbridas, y otras, cadenas sin marcar. Pero si la reproducción fuera totalmente conservadora, entonces siempre existirían dos bandas, marcadas y sin marcar, y nunca una de densidad mixta. Y si la reproducción fuera dispersiva, ni siquiera se conservarían las cadenas simples, pues entonces habría sólo una banda, en posición y con densidad media.

La fotografía que Meselson nos mostró el día de Año Nuevo podía ser leída como una gráfica. Colocaba todas las diferentes muestras, una arriba de la otra, con las bandas cambiando de posición y número al leerse hacia abajo. En su trabajo, Meselson y Stahl decían:

El grado de marcaje de una especie de ADN parcialmente marcada puede ser determinado directamente por la posición relativa que ocupa su banda entre la banda de ADN totalmente marcada y la banda de ADN sin marcar... Puede verse... que, hasta que ha pasado un tiempo de generación, se acumulan moléculas a medio marcar, mientras que disminuye el ADN completamente marcado. Un tiempo de generación después de la adición del N^{14} , únicamente se observan estas moléculas medio marcadas o "híbridas". Después, sólo se encuentran ADN medio

Maurice Wilkins, en el King's College, en Londres, siguió refinando las estructuras de las formas A, B y otras del ADN con más cristalografía de rayos X

marcado y ADN sin marcar. Cuando han pasado dos tiempos de generación... se hallan presentes en igual cantidad ADN marcado a medias y sin marcar.

Sentados alrededor de la mesa del desayuno, podíamos ver esto en la fotografía casi sin explicación. El trabajo proseguía:

El nitrógeno de una molécula de ADN se divide igualmente entre dos subunidades que permanecen intactas por muchas generaciones... Siguiendo la duplicación, cada molécula hija ha recibido una subunidad de sus progenitores... Los resultados del presente experimento están en perfecto acuerdo con las esperanzas del modelo de Watson y Crick para la duplicación de ADN.

Poco después de que Meselson regresó a Pasadena ese invierno, Max Delbrück lo llevó, junto con Stahl, a la estación de Kerkhoff Marine, administrada por Caltech, en Corona del Mar. Ahí los encerró en un cuarto con dos sacos para dormir y una máquina de escribir, hasta que realizaron ese trabajo.

Rosalind Franklin, en el Birbeck College, trabajó con Aaron Klug para conseguir la estructura del virus del mosaico del tabaco por medio de

cristalografía de rayos X —un proyecto que Bernal había comenzado antes de la guerra y que Watson vio en una visita relámpago en la primavera de 1952, durante la cual aprendió a reconocer una hélice en un patrón de rayos X. Franklin adelantó sustancialmente los detalles de la estructura del virus antes de su muerte, en 1958.

Maurice Wilkins, en el King's College, en Londres, siguió refinando las estructuras de las formas A, B y otras del ADN con más cristalografía de rayos X, y comprobó que la estructura B podía encontrarse en el ADN de cualquier especie, desde los

virus hasta los mamíferos. El y sus asociados obtuvieron fotografías, y, a partir de éstas, estructuras del ADN en sus diferentes formas, a separaciones progresivamente más grandes, y publicaron una larga serie de trabajos. Su estructura mejorada de la forma B difería considerablemente de la original de Watson y Crick en algunos detalles referentes a las unidades estructurales —más específicamente, por un cambio en el ángulo de los azúcares de cinco carbonos, que acerca las bases más ceñidamente al centro. Siete años le tomó a Wilkins hacer el modelo mejorado.

"No debe usted dar la impresión de que el descubrimiento fue hecho en una carrera ferozmente competitiva", dijo Crick. Le contesté que, hasta cierto punto, esa impresión sería inevitable cuando se escogieran los acontecimientos más relevantes de la multitud de detalles, y se pusieran en orden.

"Puedo imaginármelo, pero no fue en realidad así entonces —afirmó Crick—. Quiero decir, las personas no sentían las cosas tan fuertemente. La vida era mucho más relajada, sabe usted. El único que pensó que era una carrera fue Jim, y nadie más. No sólo eso, había más ciencia de lo que cree el público. Esto es, los extraños no comprenden la cantidad de esfuerzo intelectual que tuvo que de-

dicársele, en lugar de únicamente tener ideas brillantes. Por lo menos, ésa es mi impresión. Usted debiera conocer lo que *significa* la transformación de una hélice según Fourier (cómo manejar las matemáticas de la teoría de difracción helicoidal), de lo contrario se puede quedar con la impresión de que hubiéramos podido lograrlo sin eso. Es algo de lo que los jóvenes no siempre se percatan. Hay que aprender a pensar en serio para poder tener ideas brillantes, ¿ve usted? Y Jim era muy bueno para captar las cosas. Me refiero a que cuando terminé de instruir a Jim, éste entendió la teoría de difracción helicoidal mejor que Perutz y Kendrew en ese tiempo. No creo que la hubiera aprendido sin ayuda, por eso fue necesario enseñársela. Usted debe recordar, por supuesto, que yo no estaba trabajando en este problema, sino en una tesis de las proteínas, es por eso que el trabajo fue casi accidental."

Un amigo científico me preguntó un día: "¿Con quién competía Jim?" No con Pauling, le respondí. Esa competencia era artificial. "Tampoco con Rosalind Franklin —dijo él—. En realidad, ella no contaba mucho. Sin embargo, el libro de Jim huele bastante a competencia." El libro fue competitivo con Pauling, contesté yo. Mi amigo argumentó: "Pero Jim no quería a Pauling, él quería a Crick. Tiene que haber una extraordinaria interacción entre dos gentes para que la mente pueda lograr lo que ellos hicieron. Jim y Crick se comunicaban sin terminar las frases. Se entendían con pocas palabras. Existe la opinión de que la ciencia moderna funciona por equipos, pero no en este sentido. Jim y Crick eran únicos. Quizá Delbrück y Salvador Luria tuvieron una experiencia similar cuando al principio trabajaron con fagos; de igual modo les pudo suceder a Jacques Monod y François Jacob en el Instituto Pasteur. Yo lo he experimentado brevemente. Se trata de una maravillosa resonancia entre dos mentes, un estado elevado en el que uno mas uno ya no es igual a dos, sino tal vez a diez. No es un asunto ordinario. Linus Pauling y Crick son tan parecidos, como otras dos personas que usted imagine, en inte-

ligencia, en fuerza y dominio de la mente, y hasta físicamente, como Jim lo reconoció en seguida. ¿Pero si Jim no competía con Pauling, con quién lo hacía? ¿Quiénes son los otros candidatos?"

Le pregunté a mi amigo si pensaba que Jim estuviera compitiendo con Crick. Inclínó la cabeza y sonrió: "Sí —dijo—, entiéndame, el amor y la competencia son lo mismo. Uno quiere tener estima a los ojos del otro. Jim era un joven de Chicago, con acento del medio oeste, que se encontraba por primera vez con un británico. Le trajo a Crick ese vacío de cuando se viene de Chicago. Crick era aquel cuya mirada conmovió a Jim. Y quiso sobresalir, quiso realizar algo para él."

"Empecé con la genética y todavía estoy interesado en ella —me dijo Watson cuando fui a visitarlo a su laboratorio de Harvard, en la primavera de 1971. Trabajar con células de mamíferos no es un gran cambio, y aún estoy interesado en las de su organización. Un instrumento de gran ayuda para el estudio de las células bacterianas fue el fago. También hay virus que se multiplican en células más complejas, y son instrumentos muy útiles. Si se estudian éstas, se puede analizar un tumor, o al menos algunas clases de éste. Es un salto muy pequeño. —Watson hizo una pausa para tomar aire como si tuviera dañadas las encías, y continuó—. ...Uno se pregunta a veces si es posible contar con los suficientes datos en la cabeza —yo le pregunté qué tan serio era eso, y siguió—. Muy serio. Uno siente que entre quienes son como Crick, Sydney Brenner o yo, muy pocos tratan asuntos generales como nosotros lo hicimos."

Yo comenté que algunos antiguos colegas opinan que *La doble hélice* exagera la competencia entre los científicos. El modo de hablar de Watson cambió, y sus palabras fueron más claras: "Probablemente lo entiendo, la competencia es el *motivo dominante* de la ciencia. Comienza por el principio. Si uno publica y se dedica a la enseñanza, el futuro depende de alguna indicación para hacer algo por uno mismo. Así de sencillo. El competir domina, implicando la emoción principal en ese campo. Hay que pro-

barse que uno puede hacerlo, y se tiene que seguir lográndolo. No se hace en la soledad..."

En la avenida Divinity, cuando dejé a Watson ese día de primavera, aún había hielo en las esquinas sombreadas. Algunas semanas antes, en Londres, cuando hablé con Sir Lawrence Bragg, el azafrán florecía. Bragg recibió su Premio Nobel de Física en 1915, a los 25 años de edad, por la invención de la cristalografía de rayos X y la solución de las primeras estructuras del cristal, empezando por la sal común. Bragg fue y sigue siendo la persona más joven que haya recibido el Premio Nobel. A través de las décadas, ha desarrollado la ciencia que inventó y la ha visto crecer con los triunfos de Watson y Crick sobre la estructura del ADN, y de Kendrew y Perutz con las primeras estructuras de proteínas (moléculas miles de veces mayores que la sal). Durante muchos años, hasta su muerte en el verano posterior a nuestra conversación, fue el hombre del estado mayor en la política del Premio Nobel. Hizo la campaña para los Premios Nobel por el descubrimiento de las estructuras del ADN y de las primeras proteínas. "Me dio gusto ir a Estocolmo en 1965, ése fue el año que se otorgó el premio a Jacques Monod —dijo Bragg—. Fue el 50 aniversario de mi premio." (Monod, con sus colegas François Jacob y André Lwoff habían recibido el premio en Fisiología o Medicina por sus descubrimientos en biología molecular; la que controla el mensaje genético.) Entonces Bragg hizo algunas reflexiones sobre el descubrimiento de la estructura del ADN. Wilkins, según creía, había sido amargamente desilusionado. "Porque había trabajado en ello por mucho tiempo. Entonces Perutz y yo dijimos: 'Wilkins debe participar en esto'. Y publicaron conjuntamente sus contribuciones en *Nature*. Después, cuando se trató del Premio Nobel, puse cada gramo de peso que pude para que Wilkins lo obtuviera junto con ellos. Si no fue así, se trató de mala suerte, en realidad. Fue uno de esos descubrimientos en que... ¡el entusiasmo de Watson era enorme! El joven Watson desempeñó un gran papel, y no creo que Crick lo hubiera logrado sin él."

Los fotógrafos

POR RONALD W. CLARK

A lo largo de los siglos ha existido siempre la demanda de pinturas, paisajes y retratos que expongan los acontecimientos "tal como fueron". La historia del invento que vino a satisfacer esta necesidad es el relato de los esfuerzos de hombres empeñosos e imaginativos

Los hombres que alcanzan la mayoría de edad a mediados del siglo diecinueve, cuando los inventos y la tecnología empezaban a sentar las bases del mundo contemporáneo, estaban llenos de ambiciones que deseaban satisfacer. Querían crear nuevas fuentes de energía, volar como las aves, crear para las masas los productos que hasta entonces habían sido privilegio de los ricos.

Asimismo, querían hacer algo más humano, algo estrechamente ligado tanto al corazón del hombre como a su sentido del orgullo. Querían tener una imagen del ser querido ya muerto, de las ocupaciones cotidianas de la familia, o de la propiedad, señal de riqueza; querían algo que mostrara no sólo el espíritu de una persona o de un lugar, que se escapa a todo menos al genio excepcional del artista, sino que al mismo tiempo mostrara el detalle que tanto significa para quienes lo saben apreciar.

Los artistas han sacado provecho de este deseo humano desde que el primer cavernícola hizo dibujos en una roca con un palo ennegrecido o desde que talló el primer croquis con un cincel primitivo. Y a pesar de la necesidad de interpretar más que de describir, de dejar un retrato teñido con los sentimientos del artista más que un registro objetivo, a lo largo de los siglos ha existido siempre la de-

manda de retratos, de paisajes, de pinturas de acciones militares que expusieran los acontecimientos "tal como fueron": una demanda que, dada la naturaleza de las cosas, no podía ser nunca satisfecha plenamente y que en consecuencia exigía algún invento que ayudara a reproducir las imágenes en la forma más detallada posible.

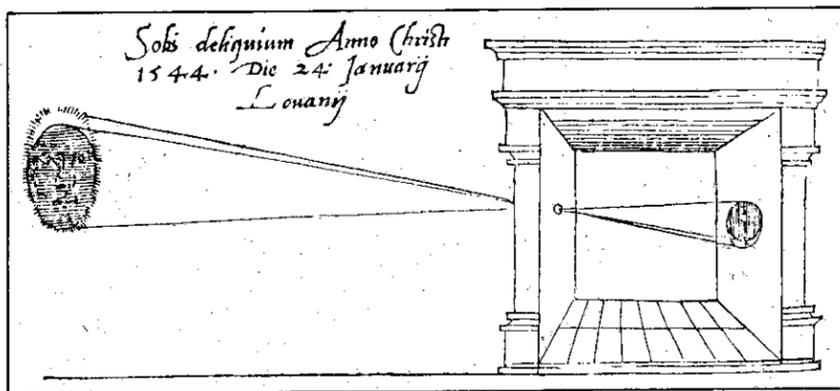
La camera oscura

Para satisfacer esta necesidad apareció primero la *camera oscura*, o literalmente cuarto oscurecido, antecesor tanto de la caja Brownie como de la elegante Hasselblad.

Exactamente cuándo se utilizó por primera vez este predecesor de la cámara no es muy seguro; pero existe suficiente evidencia de que el conocimiento de los principios que involucra se remonta a épocas antiguas. En la historia de la fotografía, como en la historia de otros inventos, en raras ocasiones es prudente usar el término "primera vez". Las distintas definiciones, los diferentes matices de las palabras más inocentes, el deseo genuino de reclamar la prioridad, así como el deseo igualmente genuino de descartar a quien sostenga una teoría rival o al protagonista de una escuela rival pueden introducir la confusión en el recuento cronológico mejor

elaborado. Pero por lo menos es seguro que a mediados del siglo dieciséis comienza a describirse en detalle la *camera oscura*.

El informe más completo es el de Giambattista della Porta, un físico napolitano que a la manera usual de su tiempo escribió también sobre fisiología, jardinería y arboricultura. Leonardo había escrito ya varios informes en sus cuadernos, pero éstos no se publicaron hasta finales del siglo dieciocho. Otros hombres de ciencia, holandeses e italianos, se refieren al ingenioso invento, aparentemente ya bien conocido. Sin embargo, la descripción hecha por della Porta en su *Magia naturalis*, de 1569, es la que mejor explica cómo lo usaban los dibujantes. El principio de la *camera oscura* es bastante sencillo. Al pasar a través de un pequeño agujero hecho a un costado de un cuarto oscuro, los rayos de luz forman en la pared opuesta una imagen invertida de la escena exterior. Si se apoya una hoja de papel extendida contra esta pared será posible trazar sobre ella, con considerable precisión, una réplica de la escena. Eso era todo: una explicación nada complicada del hecho de que los rayos de luz viajan en líneas rectas. Mientras que este hecho, y la posibilidad de su aplicación, se conocían desde hacía tiempo, no fue sino a consecuencia del Renacimiento científico que ésta pudo desa-



Una cámara oscura del siglo dieciséis en la que los rayos de luz del sol producen una imagen sobre una pared en un cuarto oscuro

rollarse con velocidad. Luego, en poco más de un siglo, la cámara oscura se transformó.

Primero Aniello Barbaro, un noble veneciano que a la vez era profesor en la Universidad de Padua, describió en *La pratica della prospettiva* en qué forma un lente de vidrio en vez del punto transparente en una placa negativa aumentaría la brillantez de la imagen. "Cierre todas las persianas y puertas para que no entre nada de luz en el cuarto excepto a través del lente", continuó. "Del lado opuesto sostenga una hoja de papel que deberá mover hacia adelante y hacia atrás hasta que la escena aparezca con sus mínimos detalles. Ahí, sobre el papel, verá la escena como es en realidad, con distancias y colores y sombras y movimientos; las nubes, el agua reflejándose y los pájaros volando. Si sostiene con firmeza el papel podrá trazar toda la perspectiva con una pluma. Puede también sombrearla y colorearla delicadamente imitando a la propia naturaleza."

Pero la adición de un lente fue sólo el comienzo. Pronto se advirtió que si un espejo cóncavo se añadía al aparato óptico la imagen sería proyectada al derecho y no de cabeza, en tanto que un espejo común de 45° podía usarse para proyectar la imagen sobre una hoja de papel horizontal en vez de hacerlo sobre una pared. Montando el lente en forma de telescopio fue posible hacer visibles partes sucesivas de la escena exterior. Diferentes lentes proyectarían extensiones diferentes de la escena exterior.

Más adelante, la cámara oscura se hizo móvil, y fue adaptada a la litera y al toldo. Se advirtió que el lente po-

día protegerse en una caja colocada encima de un área oscurecida en la que se sentaría el que la operaba, y que los rayos podían dirigirse hacia abajo y hacia un tablero de dibujar. El siguiente paso fue construir un lente y una caja oscura cuya parte superior fuera de vidrio. Antes de que terminara el siglo dieciocho había en existencia una diversa gama de instrumentos pequeños que producían sobre una superficie plana —en ocasiones una pantalla de vidrio esmerilado— la imagen de aquello a lo que el aparato apuntara.

Para principios del siglo diecinueve, pues, se había inducido a la naturaleza a proporcionar un retrato de sí misma. El pintor que habría de hacer el retrato de familia, o pintar el paisaje de la propiedad del terrateniente, tenía a su disposición un invento que lo ayudaba a fijar sobre el papel o la tela la imagen permanente de una escena transitoria. Pero, como advirtió un dibujante, el retratista todavía requería del lápiz del hombre; ¿no había forma en la que pudiera usar el lápiz de la naturaleza?

Hasta entonces el progreso se había dado en el campo de la óptica. Por diferentes medios el hombre había descubierto cómo conducir la luz a la superficie sobre la que deseaba dibujar; ahora, si quería que la luz dibujara por él, necesitaría que la luz misma afectara la sustancia sobre la que habría de incidir. De este modo entraron en escena los químicos, que pronto estuvieron haciendo posible la fotografía, como se entiende hoy la palabra: como un proceso en el que dos áreas de conocimiento corrían paralelas. La de los ópticos fue ejer-

ciendo cada vez mayor control sobre la cantidad y calidad de luz que se utilizaba; la otra, la de los químicos, fue haciendo cada vez más eficiente y controlable la utilización de esa luz.

Las heliografías de Wedgwood

El hombre había observado desde antiguo que la luz cambia el color de ciertas sustancias. Muchas telas teñidas se descolorean con la exposición al sol; la piel humana se oscurece bajo sus rayos. Sin embargo, no fue sino hasta principios del siglo dieciocho cuando el científico alemán Johann Heinrich Schulze advirtió por primera vez, aparentemente de modo accidental, las características sensibles a la luz de las sales de plata que forman la base de la mayoría de los procesos fotográficos. En el curso de experimentos de rutina, Schulze llenó una botella con una mezcla de tiza, plata y ácido nítrico y la dejó cerca de una ventana abierta. Al regresar encontró que la mezcla más próxima a la ventana se había vuelto de un profundo color morado, en tanto que la que no había captado los rayos del sol permanecía blanca. Al repetir el proceso, pero con una botella de material similar colocada frente al fuego, encontró que esta vez no se producía el oscurecimiento correspondiente; por tanto, fue casi evidente que el factor responsable era la luz del sol y no su calor. Para determinar si en efecto esto era así, Schulze colocó de nuevo una botella llena cerca de la ventana. En esta ocasión le pegó tiras de papel opaco por fuera. Cuando retiró de la botella las tiras, las huellas de éstas permanecieron en blanco sobre un fondo oscuro.

El trabajo de Schulze fue la base de un interesante juego de salón, pero no parecía ser mucho más que eso. Una vez retiradas las tiras, sus marcas se oscurecían rápidamente para desaparecer en el fondo morado, como el espectáculo etéreo de Próspero, sin dejar huella alguna. Sin embargo, el fenómeno fue seguido notablemente por el sueco Karl Wilhelm Scheele, que descompuso la luz del sol en sus colores componentes mediante la ayuda de un espectro, y

encontró que los diferentes colores oscurecían las sensibles sustancias químicas a diferentes velocidades.

Uno de los siguientes pasos, por cierto malogrado, fue llevado a cabo por Tomás Wedgwood, hijo de Josiah, alfarero, quien con frecuencia había visto a artistas usar la cámara oscura para pintar sobre vajillas, cocidas en los talleres de Etruria, el paisaje de las grandes propiedades de los clientes de la alfarería. Si la escena pudiera imprimirse permanentemente sobre las vajillas mediante la cámara oscura ¡que avance industrial sería!

Los experimentos de Wedgwood fueron descritos en el *Journal of the Royal Institution* nada menos que por Sir Humphry Davy en 1802. Su artículo; "Informe acerca de un método de copiar pinturas sobre vidrio y de hacer perfiles mediante la acción de la luz sobre nitrato de plata", con observaciones de H. Davy, fue el relato de un fracaso. Las imágenes proyectadas por la cámara oscura no eran lo bastante brillantes como para afectar el sensible material utilizado. Es más, cuando se creaban imágenes suficientemente claras colocando sobre material sensibilizado ya fuera plumas de pájaros, alas de insectos, o las ilustraciones sobre vidrio entonces de moda, estas imágenes desaparecían en cuanto eran expuestas a la luz normal. Por más que se lavara el material no se conseguía eliminar los indicios de sal de plata de las partes que no habían sido expuestas a la luz y éstas a su vez solamente se oscurecían, como las tiras de Schulze. Las heliografías de Wedgwood no podían verse sino a la tenue luz de una vela.

El heliógrafo de Niepce

El primero en superar esta destrucción de las heliografías por la luz que las había producido fue Nicéphore Niepce, de Chalon-Sur-Saône, un inventor irrefrenable que, junto con su hermano Claude, experimentaba con heliografías antes de finalizar el siglo dieciocho. En una etapa temprana de su trabajo todo parecía indicar que Niepce llevaría el trabajo de Wedgwood un paso adelante. Mediante una cámara oscura obtuvo una imagen sobre papel sensibilizado con cloruro



La primera fotografía del mundo, tomada por Nicéphore Niepce sobre una placa de peltre en 1826, y que muestra la vista desde la ventana de Niepce en Gras, cerca de Chalon-sur-Saône

de plata; pero las tentativas de convertir la imagen en permanente eliminando con ácido las porciones no expuestas, sólo prosperaron en parte, y los hermanos Niepce decidieron buscar por otro lado. Ya se sabía que la luz no sólo oscurecía determinadas sustancias sino que también endurecía otras, por lo que ahora los Niepce buscaban una sustancia que conviniera a su propósito específico. Toda vez que su finalidad era usar la cámara oscura como un auxiliar en la reproducción mecánica de grabados, ambos se familiarizaron con una clase particular de betún que se producía disolviendo asfalto en aceite de espliego. Este betún era resistente a los líquidos que se usaban en grabados, pero también se endurecía bajo la exposición a la luz. Por lo tanto los Niepce cubrieron una placa de metal —las más antiguas eran de peltre— con una capa de este betún. En los primeros experimentos expusieron las placas a la luz del sol, colocándolas bajo un grabado cuyas líneas retenían la luz; en los posteriores las expusieron en una cámara oscura. En estos últimos experimentos el tiempo de las exposiciones era considerable, así que se necesitaron aproximadamente ocho horas para obtener la fotografía desde la ventana de los Niepce en Gras: la primera fotografía exi-

tosa permanente del mundo, descubierta más de un siglo después por Helmut y Alison Gernsheim, historiadores de la fotografía. Una vez hecha la exposición, sumergieron la placa de metal en un disolvente. Este eliminó el betún de las partes de la placa en las que no había dado la luz —las sombras del objeto original— y en consecuencia reveló el metal, cuyo tono podía entonces oscurecerse más. En donde había dado la luz, el equivalente de los claros del original, el betún coloreado por aquella se había endurecido y por tanto permaneció allí. Aquí estaba, pues, la primera fotografía, bautizada como "heliógrafo" por Niepce; se trataba de un positivo en lugar del negativo que producen hoy la mayoría de las cámaras.

El éxito de Niepce se produjo a mediados de la década de 1820. La vista desde la ventana en Gras fue casi con toda seguridad tomada en el verano de 1826 o 1827. A principios de ese año Niepce había recibido la primera de muchas cartas de otra figura clave en la historia de la fotografía: Louis Jacques Mandé Daguerre. Daguerre era un escenógrafo especializado en la construcción de decorados y dioramas, entretenimientos populares en los que se iluminaban enormes pinturas sobre material semitransparente



Louis Jacques Mandé Daguerre, el escénografo francés que inventó el procedimiento llamado daguerrotypo

mediante luces móviles para dar la impresión de escenas en movimiento. Habiendo usado con frecuencia la *camera oscura*, en enero de 1826 escribió a Niepce para informarle que él también estaba tratando de descubrir algún método para conseguir imágenes permanentes. Niepce reaccionó con cautela. A su vez, Daguerre también optó por la prudencia y en un año no escribió más a Niepce. No fue sino hasta diciembre de 1829 cuando los dos hombres se asociaron y acordaron mancomunar su conocimiento.

El daguerrotypo

Niepce murió cuatro años después. Únicamente hasta 1839, seis años más tarde, se reveló al mundo el procedimiento conocido como daguerrotypo. Y aun cuando el gobierno francés compró el invento conjuntamente a Daguerre y al hijo de Niepce, nunca se ha aclarado exactamente en cuánto contribuyó Daguerre y en cuánto Niepce padre en ese primer gran avance de la fotografía. El nombre de Daguerre siguió y sigue vivo hasta la fecha; y es absolutamente cierto que a lo largo de varios años había estado experimentando antes de buscar la

colaboración con Niepce. Sin embargo, existe la fuerte presunción de que al mayor de estos dos hombres se debe la paternidad del nuevo procedimiento, que se hizo formalmente público en agosto de 1839.

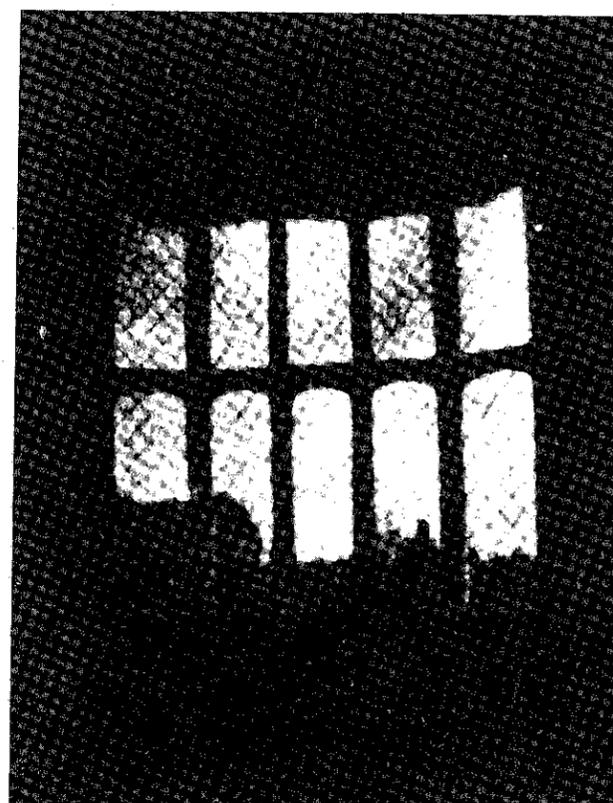
Para empezar, el daguerrotypo consistía en una hoja de cobre revestida con una capa de plata. Esta placa se sensibilizaba sosteniéndola sobre un platillo de yodo cuyo vapor formaba una capa delgada de yoduro de plata en la superficie de la placa, y más tarde le daba un vivo color oro. En esta etapa la placa, en un agarrador cubierto, se colocaba en una *camera oscura* adecuada, o cámara, como pronto pasó a llamarse la caja. Luego la placa se exponía a la luz. Después se introducía en una caja reveladora, en uno de cuyos extremos había una ventana de vidrio amarillo, y se exponía a los vapores de una taza de mercurio calentado. Inmediatamente después de la explosión no se advertía ningún cambio en la placa; pero el vapor del mercurio se condensaba en esas porciones del yoduro de plata que habían sido afectadas por la luz, y a mayor intensidad de luz mayor condensación. Así apareció una imagen en la placa. Para hacerla permanente sólo hacía falta poner la placa en una solución de sal común. El resultado fue una fotografía cada vez, un positivo único que no podía copiarse excepto refotografiando y manufacturando otro daguerrotypo. Era en extremo delicada, podía dañarse con el contacto de las yemas de los dedos, y debía mantenerse fuera del alcance del aire para evitar que se deslustrara. Debido a esto, el daguerrotypo por lo general se colocaba detrás de un vidrio, ligeramente separado de la placa en sí, y se montaba en un marco afelpado. Toda vez que se requerían exposiciones de cinco minutos o más, era costumbre sujetar la cabeza del que posaba con ganchos de sujeción discretamente ocultos. No obstante, a pesar de estas desventajas, el daguerrotypo constituía un adelanto formidable. Podía reproducir texturas de gran delicadeza, particularmente la piel del rostro humano, y no es sorprendente que cuando en 1851 tuvo lugar el primer censo británico, más de 50 fotógrafos profesionales estuvieran en acción, la mayoría usando el procedimiento del daguerrotypo.



Luchas sociales

Uso de prensas de sujeción para evitar el movimiento de la cabeza en la primitiva fotografía de retrato

Estas fotografías, producidas hace más de un siglo, tienen un modo casi misterioso de evocar el pasado. Las calles de un París casi tan remoto como la Edad Media, las caras arrugadas de los hombres y mujeres de edad, que parecen haber sido los favoritos de cuantos recurrieron al daguerrotypo en ese tiempo; la tranquila belleza de la campiña francesa; todo esto aún brilla desde las placas de metal como si uno estuviera asomándose al pasado a través de un agujero. Lo más sorprendente son sin duda las caras, pues la "fotografía" —palabra acuñada sólo algunos años después por Sir John Herschel, el astrónomo británico que fue también pionero de muchos de los progresos de este arte— había conseguido uno de los fines de sus inventores; el recuerdo de los seres cercanos y queridos podía ahora ser reforzado a través de algo más satisfactorio; emocionalmente hablando, que el retrato del artista. El daguerrotypo podía representar las imágenes casi en carne y hueso, y si lo hacía en forma menos artística que los medios anteriores, era en cambio más confiable y más evocador que ellos, exceptuando quizás las raras obras maestras que salían de la mano de un puñado de dibujantes geniales.



Una ventana en Lacock Abbey, fotografiada por William Henry Fox Talbot en 1835

Sin embargo, hasta cierto punto el daguerrotypo todavía estaba en el extremo lejano de un ancho río que lo separaba de la fotografía como la conocemos en la actualidad. Era un único trabajo: una exposición, un daguerrotypo. En este sentido compartía la calidad de único con el retrato del pintor. Compartía también la misma limitación: el retrato de familia no podía disfrutarse sino en un solo lugar a la vez.

El calotipo

El primero en acabar con esta limitación fue William Henry Fox Talbot, un inglés adinerado de Lacock Abbey, cerca de Chippenham, en Wiltshire. Talbot, que había nacido allí en 1800, murió en la misma gran casa en 1877. Entre ambas fechas fue miembro del Parlamento en el Gobierno Reformado de 1832; fue así mismo un gran matemático, y por su interés en la arqueología llegó a des-

cifrar, por primera vez, las tablillas cuneiformes rescatadas de las ruinas de Nínive. Este hombre multifacético, tan típico de los victorianos acaudalados, fue también el inventor del talbotipo o calotipo.

Durante unas vacaciones de verano, en 1833, Talbot se hallaba dibujando en las playas del lago Como. "Después de varios intentos infructuosos, puse a un lado el instrumento y llegué a la conclusión de que su uso requería un conocimiento previo del dibujo que por desgracia yo no poseía", escribiría después. "Luego pensé que intentaría de nuevo un método que había probado muchos años atrás. El método consistía en tomar una *camera oscura* y proyectar la imagen de los objetos sobre una hoja de papel en su distancia focal —dibujos casi imaginarios, creaciones de un instante, y destinados a desaparecer con la misma rapidez. Mientras me ocupaba en estos pensamientos se me ocurrió una idea: qué encantador sería poder hacer que estas imágenes naturales se imprimieran duraderamente y que

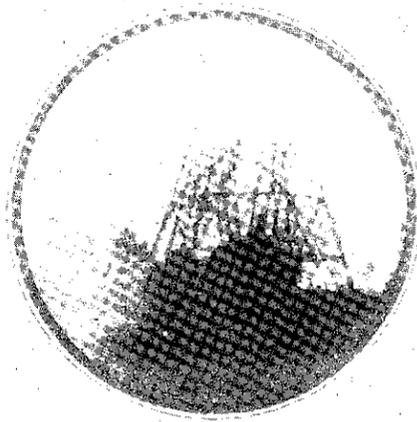


William Henry Fox Talbot, el acaudalado inglés cuyo trabajo en Wiltshire fue contemporáneo del que Daguerre hacía al otro lado del Canal

quedaran fijas sobre el papel." Esta era, por supuesto, la idea que se les había ocurrido a otros. Algunos años después Talbot deploraría lo que llamó la "rarísima coincidencia" de que tanto él como Daguerre estuvieran trabajando, sin que el otro lo supiera, en líneas muy similares.

Talbot estaba equivocado. Lejos de ser rara, la situación en la que hombres imaginativos, en diferentes países —o incluso del mismo país—, se acercan independientemente a un gran descubrimiento, o invento, o avance científico, es muy frecuente. El clima de los tiempos, el estado del arte, y la demanda pública contribuyen conjuntamente a esta lamentable situación. Darwin y Wallace imaginando por separado el plan general de la evolución; los británicos, los alemanes y los norteamericanos desarrollando cada uno por su parte el radar, y la enredada historia del detonador activado a distancia por ondas de radio son solamente tres de los ejemplos más obvios.

Talbot regresó a casa y durante el



Fotografía sobre vidrio, de Sir John Herschel, del telescopio de su padre en Slough, tomada en 1839

resto de la década de los treinta se ocupó en hacer lo que llamó dibujos fotogénicos. Los hacía sobre papel previamente sensibilizado con sustancias químicas y luego "expuestos", ya fuera en la *camera oscura* o, en el caso de objetos tales como hojas de árbol o encaje, simplemente colocándolos sobre el papel y exponiendo éste a la luz del sol. La imagen podía verse sobre el papel sensibilizado y luego se fijaba químicamente, si bien este procedimiento fijador era insatisfactorio, tanto que para estas fechas la mayoría de los dibujos fotogénicos han desaparecido por completo.

Durante las primeras semanas de 1839 Talbot advirtió que Daguerre publicaba en Francia los detalles de un procedimiento que consideró similar al suyo. El resultado fue un artículo que tituló "Informe sobre el arte del dibujo fotogénico", que leyó en la Royal Society a fines de enero; y un segundo artículo sobre el mismo tema que leyó un mes después.

El procedimiento fijador en el método de Talbot era particularmente importante, especialmente por una razón. Todas sus imágenes tenían el tono invertido: los tonos negros de la vida real aparecían como blancos; los blancos, como negros; asimismo, las imágenes estaban invertidas de izquierda a derecha. Pero en vista de que ya era posible fijar la fotografía de modo que al volverla a exponer a la luz no se descolorara ni desapareciera, otro procedimiento era utilizable. Podía exponerse una hoja fresca de papel sensibilizado, con la foto-

grafía colocada boca abajo sobre ella, de manera que a partir del negativo original aparecía el positivo con los tonos correctos y con la imagen derecha.

Por lo tanto, para 1839 existían dos procedimientos fotográficos bien diferentes. De ambos, el de Daguerre producía los resultados más finos y podía obtenerse mediante exposiciones mucho más cortas, cosa muy importante para el fotógrafo retratista. Sin embargo, seguía siendo una fotografía única, en tanto que de los negativos en papel de Talbot podía hacerse una gran cantidad de impresiones.

Bases de la fotografía moderna

En esta etapa parece que hubo una explosión de ideas. Lo que de hecho sucedió fue que muchos hombres que habían estado experimentando tentativamente durante años, de pronto, debido al éxito de Daguerre y de Talbot, se animaron para continuar con su propio trabajo, y para dar a conocer ideas en las que antes apenas si habían tenido un poco de fe. A partir de la primavera de 1839 empezó a publicarse un sinnúmero de maneras de tomar fotografías, y de mejorar la calidad del producto acabado, en informes que aparecían en los periódicos científicos o que se discutían en asambleas científicas. De dichos informes, dos en especial ayudarían a fundar las bases de la fotografía moderna.

El primero de ellos fue producido por Sir John Herschel, un famoso astrónomo e hijo de otro más famoso aún. Herschel, de un golpe, inició uno de los procedimientos más importantes en la fotografía, el que ha durado, virtualmente intacto, más de ciento treinta años. En sus diarios, que hoy conserva el Science Museum de Londres, Herschel describe lo que hizo. Muchos años antes había encontrado que las sales de plata —las sales usadas para sensibilizar el papel fotográfico— se disolvían en hiposulfito de sodio, el "hipo" que aún hoy se asocia a las tareas fotográficas del baño del aficionado. "Probé el hiposulfito de sodio para retener la acción de la luz eliminando todo el clo-

ruro de plata u otra sal plateada", escribió. "Me fue estupendamente bien. Trabajé sobre 12 papeles, la mitad resguardada de la luz mediante cartón; luego los retiré de la luz del sol, los mojé con hiposulfito de sodio, los lavé bien en agua pura, los sequé y de nuevo los expuse. La mitad oscurecida permaneció oscura; la blanca, mitad blanca, después de la exposición, como si se hubiera pintado en sepia." Este es, por supuesto, el tratamiento de las películas modernas que se exponen, se revelan y se ponen en hipo para fijarlas, después de lo cual el hipo se les lava bajo agua corriente y la imagen permanece.

Durante el mismo verano de 1839 Herschel hizo también historia al tomar la primera fotografía sobre vidrio. Tomó una foto del telescopio de 40 pies de Slough, donde su padre había instalado por primera vez su observatorio al ser designado astrónomo privado de Jorge III. Para el experimento, Herschel precipitó cloruro de plata sobre una placa de vidrio circular de dos y media pulgadas de ancho. Dos días más tarde, extrajo el agua con sifón y dejó secar la placa. Luego la sensibilizó, expuesta en una cámara o caja de luz, y la fijó con hipo, después de lo cual ahumó la parte posterior del vidrio y la pintó de negro para dar a la foto el aspecto de una impresión positiva. Pero la dificultad de hacer que la primera emulsión se adhiriera al vidrio era enorme y, por el momento, se dejó el vidrio a un lado.

El uso que hizo Herschel del hiposulfito ocupaba el segundo lugar de importancia; el primero lo ocupó el descubrimiento de Talbot mediante el cual se acortó drásticamente el tiempo de exposición. Uno dice descubrimiento, pero quizá sea más justo decir aplicación, ya que lo esencial del procedimiento era el uso del ácido agálico para revelar la imagen invisible o latente producida por estas exposiciones más breves, y Talbot fue conducido a esto por el Rev. J. B. Reade, conocido hombre de ciencia que había dado con esta propiedad del ácido agálico unos años atrás.

El resultado fue el procedimiento de calotipo, más adelante rebautizado talbotipo, en el que primero se trataba papel ordinario con nitrato de plata y después con yoduro de pota-

sio. El papel sensibilizado podía conservarse indefinidamente mientras se protegiera de la luz. Cuando se lo requería se trataba con agallonitrato de plata y luego debía utilizarse en el espacio de unas cuantas horas. Pero la exposición necesaria era de algo así como un minuto, después del cual el revelado y el fijador producían un negativo, del que un número ilimitado de positivos podía obtenerse con el procedimiento anterior de Talbot.

Talbot patentó el procedimiento pero, a diferencia de Daguerre, permitió a los aficionados hacer libre uso de él, como se desprende de los paquetes de "Papel yodurado" que se vendía en 1846 para hacer heliografías. Un aviso dirigido a los compradores les advertía que "este papel está preparado para conveniencia de los aficionados que se comprometan a usarlo *bona fide exclusivamente con fines desinteresados*. Quiénes deseen hacer un uso comercial o profesional del arte pueden solicitar una licencia al dueño de la patente".

El colodión

Por lo tanto, la fotografía realmente nació a principios de la década de 1840. El resto de la historia es de consolidación, explicación y explotación. ¿Pero debía patentarse la aplicación de estos sencillos hechos químicos de la vida? Y, a medida que se incrementara el conocimiento, ¿podría la patente hacer cumplir restricciones? Estas eran algo más que preguntas puramente académicas a medida que el negocio del retrato fotográfico fue cobrando fuerza, y en tanto que Talbot, quien renunció a la mayoría de sus derechos de patente a principios de la década de 1850, los retuvo para retratos comerciales. Para estas fechas ya había escrito también el primer gran clásico de la fotografía. En *El lápiz de la naturaleza*, describió e ilustró sus primeros experimentos. Además, en este libro se vislumbra ya un leve indicio de la sombra que pronto estaría cayendo sobre los dibujantes y los ilustradores de libros. Muchos pintores se habían burlado de la sola idea de que el ojo objetivo de la cámara reemplazara el ojo subjetivo del artista. Por mucho tiempo



Fotografía tomada aproximadamente en 1845 por William Henry Fox Talbot, de su propio establecimiento fotográfico en Reading

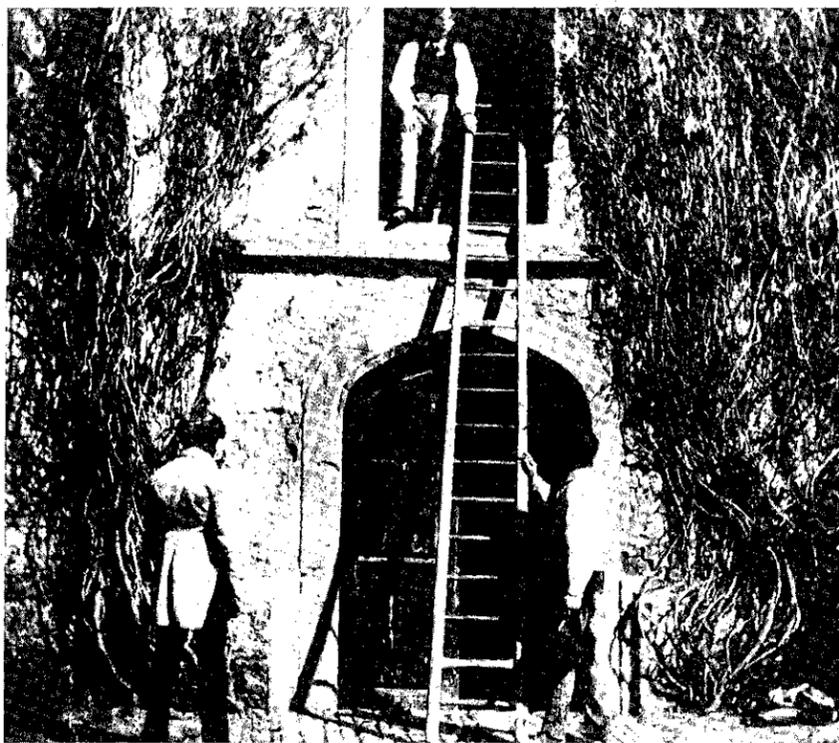
se sostuvo que en tanto que el pintor interpretaba, la cámara sólo podía retratar, idea desmentida por las primeras obras maestras de fotógrafos tales como Julia Cameron, y decisivamente refutada por el crecimiento de la fotografía creativa durante el último tercio del siglo diecinueve.

En la década de 1850 la fotografía logró un adelanto aún más importante que el descubrimiento hecho por Herschel de que los negativos y las impresiones podían fijarse sencillamente mojándolos en hipo. Se trataba del procedimiento del colodión, que utilizaba placas de vidrio en vez del papel, cuya textura era una desventaja del calotipo. Algunos de los primeros trabajadores de la fotografía advirtieron que el vidrio sería un medio ideal para la solución sensibilizada, pero no habían logrado descubrir cómo podía hacerse para que dicha solución se adhiriera al vidrio. Una opción eran las placas de albumen preparadas con clara de huevo, pero su baja sensibilidad y las largas exposiciones que requerían limitaban severamente su uso.

El colodión es una solución de piroxilina, una especie de algodón pólvora, en una mezcla de éter y alcohol. Cuando se vierte sobre una placa de vidrio limpia, se seca rápidamente

hasta dejar una película delgada y transparente. Parece que más de un experimentador consideró usarlo como base para la fotografía, pero no fue hasta 1851 cuando Frederick Archer, un escultor que usó algunos de los primeros métodos fotográficos para hacer apuntes de sus modelos, publicó detalles del procedimiento que había desarrollado exitosamente. En este procedimiento del colodión mojado la placa de vidrio con su película de colodión se sensibilizaba metiéndola en una solución de nitrato de plata. Todavía húmeda, debía ser expuesta en la cámara, y luego revelada y fijada. La mayor ventaja de este procedimiento era el escaso tiempo de exposición que se requería. Talbot había reducido la importante fracción de una hora a unos cuantos minutos, pero Archer redujo los minutos a segundos: no se necesitaba más tiempo para producir en el negativo del vidrio los negros que eran los blancos en las impresiones positivas que podían obtenerse de dicho negativo.

La velocidad de exposición, junto con la calidad de las impresiones, mucho mejores que las de los talbotipos, eran ventajas que hacían olvidar la desventaja de tener que valerse de laboratorios móviles. La magnitud



Fotografía tomada mediante el procedimiento de calotipo. "La escalera", tomada del libro de William Henry Fox Talbot *The Pencil of Nature* (El lápiz de la naturaleza), publicado en 1844

de las virtudes del procedimiento puede juzgarse por el hecho de que éste fue utilizado no sólo por Roger Fenton en Crimea, sino por los hermanos Bisson que, en 1861, tomaron las primeras fotografías desde lo alto del Mont Blanc. Se necesitaron veinticinco ayudantes para cargar el equipo, que pesaba cientos de libras entre cámaras, cuarto oscuro y sustancias químicas y diversas placas de vidrio de 16 por 20 pulgadas que iban acomodadas en un estuche especial. En la cima de la montaña montaron la tienda de lona del cuarto oscuro. Ya dentro de la tienda, vertieron una capa de colodión sobre una única placa de vidrio que luego fue sensibilizada en un baño de plata. Luego la placa fue puesta en la cámara gigante que fue sacada de la tienda y colocada en la posición correcta sobre su trípode. Después de la exposición la cámara fue quitada y la placa de vidrio fue primero revelada y después fijada; el agua que utilizaron la obtuvieron derritiendo nieve. Sólo habían transcurrido dos horas cuando el primer negativo estuvo listo, aunque parece que ocuparon menos

tiempo para hacer una segunda y una tercera fotografías antes de que la expedición se retirara de la cima.

La virtud del procedimiento era que permitía que innumerables impresiones pudieran hacerse a partir de un negativo sobre vidrio. Sin embargo, también se aplicaba de otro modo para la producción de "impresiones" únicas. Estas se lograban sencillamente cubriendo la parte de atrás de la placa con un trozo de material oscuro, o incluso pintándola de negro. En tales ambrotipos, como se llamaban, las partes claras aparecían como plata, mientras que las sombras se representaban con las partes negras vistas a través de las partes no plateadas del vidrio.

Usos de la fotografía

El desarrollo de la fotografía tuvo diversos efectos secundarios. Uno fue el uso creciente que los dibujantes hicieron de la cámara como medio de preservar, para uso futuro, las impresiones o los hechos que de otro modo

corrían el riesgo de olvidar. El ejemplo más famoso es el del pintor escocés David Octavius Hill, comisionado en 1843 para pintar un lienzo masivo con los 450 delegados a la famosa reunión de Edimburgo en la que se fundó la Iglesia Libre de Escocia. Su trabajo le llevó más de veinte años, pero quizá no hubiera sido terminado nunca de no ser porque Hill se procuró la ayuda de un fotógrafo de Edimburgo, con el que instaló un estudio al aire libre en Calton Hill. Allí, entre 1843 y 1846, Hill y su colega Robert Adamson tomaron más de mil retratos en calotipo, la mayoría de eclesiásticos escoceses. Otros pintores, no todos retratistas, se apresuraron a copiar el uso que Hill hacía de la cámara. A los pocos años, incluso Edward Whymper, famoso como montañista y casi igualmente famoso como ilustrador del paisaje alpino, estaba usando la cámara para asegurarse de que sus datos topográficos de montañas fueran correctos cuando los transcribiera al papel; o, como dice Douglas Milner, uno de los más sobresalientes fotógrafos de montañas de nuestros días, para ejercer control "sobre la licencia artística o la memoria defectuosa".

Este uso de las fotografías como apuntes visuales fue sólo uno de cuantos se originaron cuando quedó claro que la cámara podía producir buenos resultados permanentes, y cuando la experiencia disminuyó paulatinamente tanto los problemas del manejo de sustancias químicas como los de calcular el tiempo de exposición. Los arquitectos se dieron cuenta de que la fotografía era un buen método para dejar un registro de su trabajo menos costoso que el de contratar un dibujante. Fenton llevó su carro cargado con el equipo completo a la Guerra de Crimea, y uno de sus compañeros fotógrafos, James Robertson, siguió sus pasos cuando fotografió los resultados del Motín Indio. Unos años después, durante la Guerra Civil Norteamericana, una multitud de audaces ayudaron a proporcionar documentos extraordinarios de la lucha.

Hubo otros efectos secundarios de los nuevos procedimientos fotográficos, algunos de los cuales merecieron el nombre de "locura". Uno fue la demanda de fotografías estereoscópi-

cas que, miradas a través de un aparato especial, producían un efecto ilusorio tridimensional. Sir Charles Wheatstone, que puede compartir con Morse el crédito de la introducción del telégrafo eléctrico, había mostrado desde 1836 que si una escena se dibujaba desde dos puntos de vista ligeramente diferentes y si los dos dibujos se veían en forma simultánea por el ojo derecho y el izquierdo, se creaba una impresión de solidez. En la Gran Exposición de 1851 se exhibieron fotografías que utilizaban dicho principio y durante los años siguientes hubo un auge de ilustraciones estereoscópicas. Se trataba de pares de fotografías, tomadas ya fuera simultáneamente con dos cámaras a unas cuantas pulgadas de distancia una de otra, o con una cámara que podía deslizarse a lo largo de un tablón para ocupar cualquiera de las dos posiciones. La London Stereoscopic Company, fundada en 1854, vendió miles de estereovistas que podían mirarse a través de una variedad de aparatos especiales. Su popularidad duró poco más de una década. El entusiasmo por la fotografía estereoscópica decayó, hasta que en los últimos años del siglo volvió a florecer con el surgimiento de la fotografía amateur.

A la primera locura estereoscópica siguió el desarrollo de la *carte-de-visite*. Es decir, un retrato en fotografía de aproximadamente dos y cuarto por tres y media pulgadas, que comenzó por popularizarse en París. Originalmente ideada como alternativa de la tarjeta de visita, pronto encontró un nuevo uso a medida que las celebridades se dejaban fotografiar sobre *cartes-de-visite*, que se vendían como publicidad. Coleccionarlas se convirtió en un pasatiempo tan ubicuo como el de la filatelia o como el de coleccionar tarjetas postales, y durante la década de 1860 se vendieron muchos millones sólo en Inglaterra.

Para entonces ya se habían producido las primeras microfotografías. Se trataba de impresiones o transparencias diminutas que sólo podían verse con la ayuda de un lente de aumento o proyectándolas a través de una linterna. La reina Victoria usaba un anillo que llevaba cinco fotografías de su familia que podían verse a través de una lente-alhaja, al mismo



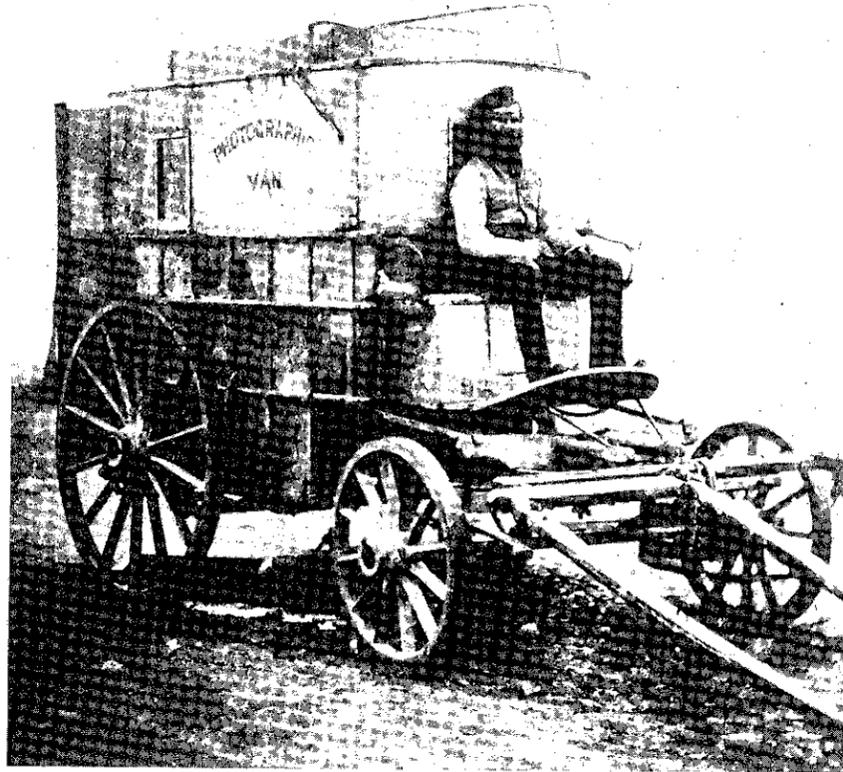
Retrato sobre vidrio, con el procedimiento de colodión, de Scott Archer, 1855, inventor del procedimiento del colodión mojado

tiempo que durante el Sitio de París entre 1870 y 1871 se enviaban mensajes a la ciudad por medio de palomas mensajeras en cuyas patas se ataban rollos de microfotografías. Al ser recibidos, los diminutos negativos se veían proyectados por una linterna mágica y los mensajes se copiaban para su distribución.

La placa seca

El detalle extremadamente fino de las microfotografías era un tributo a los procedimientos del colodión mojado. Pero aun así éste tenía muchas

desventajas. Usarlo para retratos de estudio —el pan diario del negocio de la fotografía— era algo muy diferente de su uso en la cumbre del Mont Blanc. Las sustancias químicas y las placas de vidrio mojadas, que eran parte intrínseca de la fotografía, constituían un fuerte contraincentivo, por lo que a lo largo de las dos décadas que siguieron a la invención de Archer se hicieron muchos esfuerzos para producir una placa seca satisfactoria. Un francés, J. M. Taupenot, encontró que si el colodión se cubría con una capa de albúmina yodurada, la placa podía secarse y usarse varias semanas después. Otros experimentadores idearon diferentes formas de



Carreta fotográfica de Roger Fenton, en la que llevaba su equipo en la Guerra de Crimea

superar el problema que presentaba la superficie dura del colodión seco, impermeable como era al revelador líquido. Sin excepción, los primeros esfuerzos que se hicieron en este sentido naufragaron debido a que las placas secas eran muchísimo más lentas que sus similares mojadas; en algunos casos, más de cien veces más lentas.

El avance verdaderamente sensacional se produjo en la década de 1870 con el uso de la gelatina en vez del colodión para retener los sensibilizadores químicos. Como para entonces los problemas químicos de la fotografía se hallaban bajo constante estudio, antes de finalizar la década se hacían placas secas que podían exponerse con éxito un veinticincoavo de segundo aproximadamente, o sea la velocidad de las instantáneas comunes y corrientes de hoy.

*Onward still, and onward still it runs
its sticky way
And Gelatine you're bound to use if you*

*mean to make things pay
Collodion —slow old fogey!— your
palmy days have been
You must give place in future to the pla-
tes of Gelatine**

escribió el *British Journal of Photography's Almanac* de 1881.

La abrumadora ventaja de las placas secas era que podían comprarse en vez de hacerse. Una vez expuestas en la cámara podían llevarse a un especialista para que las revelara. De este modo, por primera vez desde que Niepce y Talbot dirigieron sus cámaras primitivas al paisaje local, el fotógrafo se independizó del químico. Antes, para lograr buenos resultados, quien usara una cámara tenía

* Hacia adelante y más hacia adelante aún, sigue su pegajoso camino/ Y, Gelatina, seguramente serás útil si pretendes rendir/ Colodión —¡lento vejstorio!— tus días prósperos han terminado/ Has de ceder tu lugar en el futuro a las placas de Gelatina.

que conocer las limitaciones de los materiales que estaba empleando; todavía durante algunos años las placas fotográficas carecerían de la uniformidad de las producciones en serie, y de ahí que aún fuera útil conocer sus variaciones y vicisitudes. Pero con la llegada de la placa seca, que podía comprarse en una tienda local y llevarse ahí a revelar después de exponerla, la fotografía llegó al umbral del mundo de la producción en serie.

Sólo se necesitaba una mejora más para introducirla en ese mundo: la sustitución de la pesada placa de vidrio por algo más ligero y menos rompible. La primera respuesta fue el celuloide, uno de los primeros plásticos, inventado por Alexander Parkes desde 1861, cubierto con una capa de película de gelatina. A su vez, esto fue pronto reemplazado por perfeccionamientos sucesivos que inició el neoyorquino George Eastman, un fabricante de placas secas que en 1888 introdujo la Kodak, palabra inventada por él por ser fácilmente pronunciable en cualquier lengua, y que usó para denominar la cámara sencilla que habría de inundar el mundo entero. La fácil de manejar y nueva cámara salía a la venta con un rollo de película consistente en una emulsión de gelatinobromuro sobre una capa de gelatina normal. Esto iba sobre papel delgado, que pronto sería reemplazado por un apoyo mucho más delgado que el celuloide. Junto con la Kodak, la nueva película proporcionó la base de la industria fotográfica como habría de desarrollarse a lo largo del siguiente siglo.

El lente y los obturadores

Las emulsiones más sensibles que surgieron cuando se dejó de usar el procedimiento del colodión mojado, así como la evolución de rollos de película, fueron acontecimientos que eliminaron de sobra la necesidad de que el fotógrafo fuera a la vez químico: le permitieron trabajar sin trípode y sostener la cámara en la mano. Como ocupaban poco espacio en su estuche, los rollos de película aumentaron su movilidad en comparación con aquel estuche obligado a cargar las pesadas placas de vidrio de antes.

De este modo, la mayoría de los elementos esenciales del mundo de la fotografía moderna habían sido creados antes de que terminara el siglo diecinueve.

Pero no sólo los químicos habían sido necesarios. Por más sensibilizadas placas fotográficas que lograran hacer, aún había tres factores inevitables que intervenían cada vez que se tomaba una foto. Uno era la cantidad de luz que iluminaba la escena que iba a ser fotografiada; otro, la eficacia con la que esta luz se transmitía a través del lente de la cámara; y el tercero el tiempo durante el cual se permitía que la luz cayera sobre la placa sensibilizada. Los tres factores estaban estrechamente vinculados cuando se iba a fotografiar sujetos en movimiento: el efecto de la luz sobre la placa era proporcional a su intensidad multiplicada por el tiempo que duraba sobre la placa. A menor intensidad, mayor tiempo habría de dejarse abierto el obturador; pero mientras mayor fuera este tiempo, habría más posibilidad de que el sujeto en movimiento no se mostrará bien definido sino que apareciera como un contorno borroso, ya que la imagen se habría movido sobre la placa durante la fracción de segundo en la que la foto se habría tomado.

El uso de un lente para enfocar la luz sobre una superficie plana se conocía desde la Edad Média, en tanto que los métodos para tratar dos de las limitaciones de un lente —la formación de una imagen con bordes de color debido al cromatismo, y la formación de una imagen deformada debida a la aberración esférica— se conocían desde el siglo dieciocho. La eficiencia de esos lentes para transmitir la luz estaba regida por su diámetro, y por la distancia detrás del lente al que enfocaban la luz que pasaba a través de ellos. Así, se encontró conveniente medir esta eficiencia dividiendo la segunda distancia entre la primera: el mágico número "f" que disminuye a medida que la eficiencia del lente aumenta. Los lentes en las primeras cámaras de daguerrotipo hechos para la venta tenían un diámetro efectivo de aproximadamente 1.1 pulgadas y enfocaban la imagen sobre una placa a una distancia de aproximadamente 15 1/2 pulgadas, dando una abertura



Los picos y los glaciares del Mont Blanc fotografiados por Auguste Bisson en 1861

de trabajo, como se llamaba, de aproximadamente f14. Poco más de un año después, el matemático húngaro Joseph Petzval había diseñado lo que en general se acepta como el primer lente producido especialmente para cámara, que daba la para entonces grande y eficiente abertura de f3.5.

Con el desarrollo de la fotografía después de 1840 fue evidente que determinados propósitos fotográficos se lograban mejor con determinados tipos de lentes. La velocidad era sólo uno de los factores que intervenían. Un lente rápido adecuado para retratar personas podía producir deformaciones o aberraciones al usarse para fotografiar paisajes, para lo que se preferiría un lente mucho más lento. Así, a partir de mediados de siglo, la evolución de emulsiones nuevas y más sensibles, así como de mejores modos de usarlas, se completó con la manufactura de lentes más eficientes, esto a su vez vinculado con la producción de nuevas clases de vidrio y de nuevos modos de elaborarlo.

La regulación del tiempo durante el cual el lente permitía que la luz cayera sobre la placa sensibilizada fue pronto tarea del obturador. En los días lejanos de las exposiciones largas, éstas se hacían simplemente retirando una tapa o cubierta del frente del lente y volviendo a colocarla después de tantas horas o minutos. Con

la reducción de tiempos de exposición, primero a segundos y luego a fracciones de segundo, se requería algo más preciso. La respuesta la dieron los obturadores-guillotina, que consistían de una placa con un agujero que atravesaba el lente; las tapas que subían o bajaban neumáticamente; las placas circulares con agujero, capaces de ser rotadas a diferentes velocidades y que por lo tanto dejaban pasar luz en diferentes tiempos; y el obturador hecho de hojas interfoliadas que podían abrirse mediante resortes por tiempos predeterminados. También apareció el obturador focal plano en el que una abertura de anchura variable en una pantalla negra podía moverse a lo largo de la cara de la película o de la placa.

La sensitometría

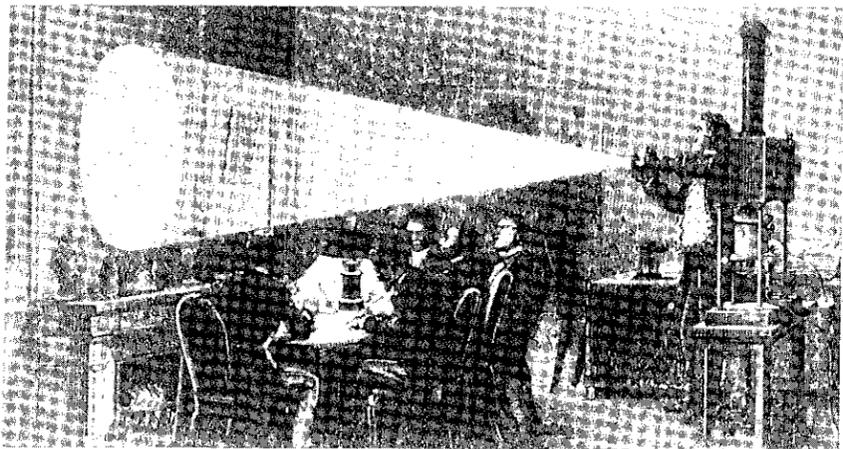
Con el refinamiento del obturador llegó el diafragma de iris variable, adaptado frente del lente, o a veces entre sus componentes individuales. Podía ajustarse para cualquiera de determinados números f, de modo que ya fuera que el diafragma se abriera —permitiendo que pasara mucha luz y dando un número f pequeño— o que se detuviera para proporcionar uno grande, era posible determinar cuánto



Pintura de David Octavious Hill, "La Asamblea General de la Iglesia Libre de Escocia, en la que se firmó el Acta de Separación y la Escritura de Dimisión en Tanfield, Edimburgo, mayo de 1843"



El Dr. David Welsh fotografiado por David Octavious Hill y Robert Adamson como estudio para la pintura de Hill, en la que se le ve enmarcado en blanco



Proyección de los mensajes microscópicos enviados a París durante el sitio de 1870

tiempo debía estar abierto el obturador para afectar, en cualquier grado acordado, una película de cualquier sensibilidad medida.

Conocer esta sensibilidad se hizo sumamente necesario a medida que el tiempo de exposición se redujo. Un error menor en la apreciación significaba poco con una exposición de muchos minutos; pero podía ser desastroso cuando el tiempo de exposición se reducía a una fracción de segundo. Básicamente, el problema consistía de dos mitades. Primero, debía establecerse la fuerza de la luz en determinadas condiciones específicas; luego era preciso determinar cuánta de esta luz —"cuánta" dependía del tamaño de la abertura del lente y del tiempo que el lente no estaba cubier-

to— se necesitaba para afectar placas o películas de determinadas velocidades. La ciencia de la sensitometría, como se llamaba, fue virtualmente inventada por dos trabajadores ingleses, Ferdinand Hurter y Vero Charles Driffield, en las últimas dos décadas del siglo diecinueve. Primero construyeron un tubo capilar en forma de U lleno de un líquido de color. Uno de los bulbos se pintó de rojo y por lo tanto absorbía más luz que el otro. Esto dio diferente altura al líquido en los dos brazos, de modo que la diferencia daba una medida de la intensidad de la luz que caía en los bulbos. En forma paralela, con la medición científica de la fuerza de la luz apareció una gran familia de inventos que mostraban cómo luces de

diferentes fuerzas podían afectar papel fotográfico. En el más sencillo de éstos, se exponía un trozo de papel sensibilizado debajo de una serie de agujeros de diferentes tamaños. Según el tamaño del agujero, que daba el oscurecimiento correcto de una hoja de prueba, se averiguaba cuál era la mejor exposición. El siguiente paso fue construir un calculador, o una serie de tablas que permitieran al fotógrafo saber la exposición correcta con una película de cualquier velocidad particular, bajo cualquier condición de luz.

El refinamiento de estos medidores de acción, de tinte y de tiempo de exposición, así como las tablas, fueron las actividades que dominaron el campo a lo largo de medio siglo. Sólo en la década de 1930 empezaron a ser reemplazados por medidores basados en la célula fotoeléctrica. En estos medidores la luz que caía sobre una célula de selenio o fotoconductor hacía oscilar automáticamente un indicador a un número según el cual, mediante diales interconectados que registraban las velocidades de la película, las aberturas y las velocidades del obturador, se podía graduar el tiempo de exposición para cualquier cambio de condiciones.

Diferentes clases de fotografía

Las últimas décadas del siglo diecinueve eliminaron los más difíciles problemas de la exposición; asimismo, vieron el desarrollo de muchas clases diferentes de fotografía cuyas semillas se habían sembrado años antes. Una de ellas, directamente vinculada con los lentes, los obturadores y las emulsiones rápidas, era la fotografía, no de la gente y los coches de un mundo ocioso, sino de aves en vuelo y caballos en acción. Aun antes de la invención de la fotografía, Sir Charles Wheatstone había mostrado que la creación de una chispa eléctrica brillante en un cuarto oscuro "congelaba" un objeto en movimiento por lo que hacía a los espectadores. Ya en 1851 Talbot había usado este principio en un famoso experimento. En un cuarto oscuro, pegó una página de *The Times* a una rueda que gi-

raba rápidamente. Quitó la tapa del lente de su cámara e iluminó la rueda con una chispa eléctrica brillante que duró sólo 1/100 000 de segundo. La luz era suficientemente brillante, y su duración suficientemente breve para dar una imagen bien delineada de la página dando vueltas. A partir de 1860, la intensa luz de magnesio proporcionó una alternativa a la chispa eléctrica. Aunque duraba mucho más que la de la chispa eléctrica, su mayor desventaja era la nube de espeso humo que la acompañaba.

Mientras que las chispas eléctricas y el magnesio se utilizaban para dar la intensa oleada de iluminación requerida para las exposiciones cortas, se estaban haciendo esfuerzos complementarios para que, cuando hubiera buena luz solar, y se contara con una placa más sensible, pudieran cerrarse más los obturadores. Uno de los primeros intentos para solucionar el problema se debió a Edward James Muggeridge. Muggeridge, que nació en Kingston, Surrey, transformó su nombre en Eadweard Muybridge, pues sostenía que así era el original anglosajón. Emigrante en los Estados Unidos, en 1868 fue como fotógrafo a Alaska con la comisión oficial, cuando los norteamericanos compraron el territorio a Rusia. Unos años después, un ex gobernador de California contrató a Muybridge para retratar sus caballos de carrera en acción. Mediante un arreglo que hizo con unos trampolines, Muybridge se las ingenió para tomar fotos primero a 1/500avo de segundo, luego a 1/1 000avo y finalmente a 1/2 000avo que, al mostrarse en sucesión, constituyeron el origen del cinematógrafo.

Poco después apareció E. J. Marey con su pistola fotográfica, invento en el que un gatillo hacía girar una placa de vidrio en determinada dirección mientras un disco metálico circular con un agujero obturador giraba en la dirección opuesta. Las exposiciones, que mostraban claramente los movimientos de las aves en vuelo, sólo se hacían cuando la placa y el obturador se movieran rápidamente. Finalmente se lograron exposiciones a una velocidad de hasta 1/25 000avo de segundo.

Tanto Muybridge como Marey perfeccionaron su equipo con fines de



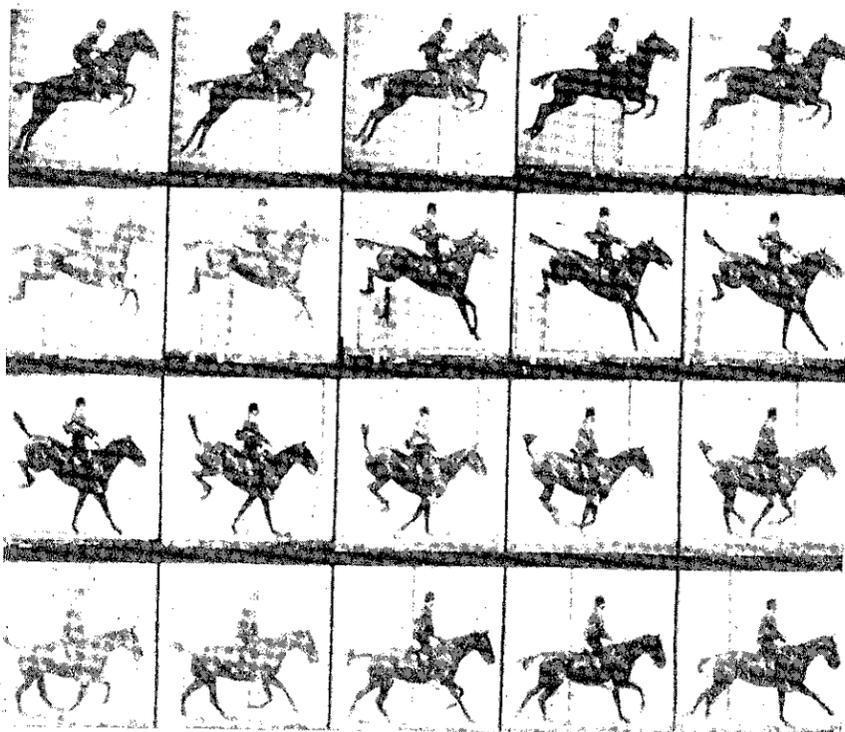
Fotografía tomada en 1888 con la primera cámara Kodak

especialización, cosa que también hicieron otros fotógrafos que, a partir de los primeros años del siglo veinte y de modo constante, fueron ampliando sus metas. A principios de siglo, el doctor Lucien Bull, deseoso de registrar el batir de alas de insectos pequeños, preparó sus instrumentos de tal modo que al salir de un tubo cerrado el insecto alzaba una tapa que ponía en movimiento un tambor sobre el que estaba enrollada una película. El tambor giraba a 40 revoluciones por segundo. Durante cada rotación un interruptor giratorio disparaba 54 veces una chispa brillante. Así, en el espacio de un segundo desde su salida del tubo el insecto había sido fotografiado más de dos mil veces. Después se utilizaron lentes múltiples montados en un tambor giratorio, y lentes expuestos por un obturador rotatorio, para obtener casi 100 000 fotos por segundo. Más recientemente, la célula Kerr, impulsada por la aplicación momentánea de un alto voltaje, permitió exposiciones de menos de una millonésima de segundo para fotografiar la primera ex-

plosión atómica británica.

Mientras que la fotografía de sujetos en movimiento rápido exigía la colaboración de fabricantes de lentes, así como de químicos y expertos en electricidad, los propios fabricantes de lentes, junto con los fabricantes de vidrio y los químicos, eran autores de su propio avance como especialistas. A lo largo de la segunda mitad del siglo diecinueve se fabricaron lentes que deformaban cada vez menos y que dejaban pasar un creciente porcentaje de la luz disponible, mientras que en los años de 1890 J. H. Dallmeyer dio a conocer el primer lente telefotográfico. Se trataba de una ingeniosa adaptación de un lente convexo (o positivo) con uno cóncavo (o negativo) detrás. El efecto consistía en dar una distancia focal mayor para cualquier distancia entre lente y película. El tamaño de la imagen aumentaba así grandemente, de modo que el lente telefotográfico podía llenar una foto con la veleta arriba del campanario en vez de hacerlo con todo y campanario.

La fotografía de alta velocidad, la



Fotografía de un caballo de carreras en acción, tomada por Eadweard Muybridge aproximadamente en 1887

micrografía y la telefotografía eran adelantos esencialmente técnicos. También lo eran muchos de los métodos mediante los que los fotógrafos trataron de controlar el efecto final de la luz sobre su aparato, aunque aquí fue más bien el fotógrafo-artista que el artista-fotógrafo el que se esmeró en superarse. Un campo interesante llegó a su fin después de unas décadas de popularidad; pero no sin antes haber engendrado una familia de métodos mediante los cuales podían obtenerse impresiones de una belleza excepcional. Se trataba de los diversos procedimientos para fotografiar en color, la mayoría de los cuales surgieron del hecho de que los talbotipos, y en menor medida las impresiones hechas con procedimientos posteriores, tendían a descolorarse. Los fotógrafos se preguntaban si no sería posible producir una imagen no en plata sino en algún pigmento permanente.

La fotografía en color

En 1839 Mungo Ponton se acercó a

la respuesta. Ponton descubrió que cuando la gelatina sensibilizada con bicromato de potasio se exponía a la luz se endurecía y se volvía indisoluble en agua caliente. Ya desde mediados de la década de 1850 la gelatina bicromada y con carbón en polvo se había expuesto bajo un negativo y luego se había revelado en agua; ésta eliminaba el carbón de la gelatina soluble pero dejaba intacto el resto. Varios investigadores desarrollaron el procedimiento, pero no consiguieron hacer resaltar los medios tonos a partir de un negativo. Así las cosas, tocó a Sir Joseph Swan, inventor de la lámpara incandescente, patentar el procedimiento de carbón. En él, un tejido de carbón, con una capa de gelatina bicromada, se expone sobre un papel de apoyo a través de un negativo. Luego, la superficie expuesta del tejido se adjunta a un papel de calcar; el papel de apoyo se empapa en agua caliente y, a medida que el agua ataca la gelatina no endurecida, la impresión queda revelada en pigmento sobre el papel de calcar. Durante el último año del siglo diecinueve se desarrollaron muchas variaciones de este original procedimiento de

pigmentación, pero el procedimiento de carbón de Swan era el más popular. Así la Autotype Company, que compró las patentes de Swan, en un momento dado llegó a producir más de 50 clases diferentes de calca.

Una de las primeras decepciones causadas por la fotografía había sido su incapacidad de retratar gente o escenas en color. Niepce había confiado a su hermano cuánto deseaba "fijar los colores". Daguerre y Talbot, después de Niepce, habían escrito otro tanto. Por otra parte, a lo largo de la segunda mitad del siglo diecinueve hubo una sucesión constante de fotógrafos o de aspirantes a fotógrafo que pretendían haber atinado con el modo de resolver este problema aparentemente insoluble. Algunos eran sólo optimistas, pero no faltaban charlatanes, de manera que en 1891 la *Chambers Encyclopaedia* pudo afirmar: "El rumor de que el arte de fotografiar con los colores de la naturaleza ha sido descubierto, surge año con año con curiosa persistencia. Por lo general se debe a personas sin escrúpulo que con fines interesados buscan engañar al público". Además, continuaba, "es difícil imaginar que la tan discutida fotografía en color, como popularmente se entiende, se logre algún día". La frase "como popularmente se entiende" da el necesario toque de vaguedad a la afirmación; pero a grandes rasgos no se apartaba mucho de la realidad. El asunto permanecería inalterado hasta que, años después, la tecnología diera con la solución.

Mucho tiempo antes de la invención de la fotografía se sabía que la luz blanca estaba compuesta de tres colores primarios, cosa que al principio hizo creer a los investigadores que los problemas de la fotografía en color podrían resolverse sin dificultad. Lo que pudieron advertir —aparte de los problemas técnicos— fue que la placa o película fotográfica sensibilizada respondía sólo a algunos de los colores del espectro. Casi todas las primeras emulsiones eran afectadas sólo por los colores en la angosta parte violeta-azul de la banda de colores: las películas "veían" el mundo de modo diferente que los humanos, hecho que explica los blancos y desnudos cielos de muchos de los primeros paisajes.

El autocromo

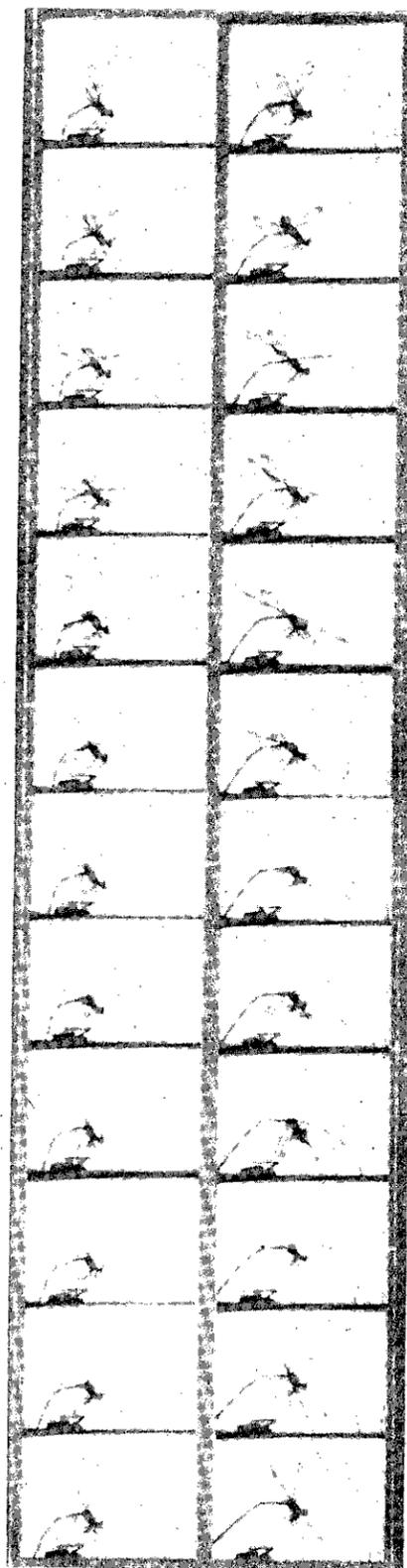
La "primera fotografía en color" —aunque distaba mucho de ser "como popularmente se entiende"— en general se atribuye a James Clerk Maxwell. En 1861, Maxwell hizo fotografiar una cinta de tartán escocés tres veces en tres placas diferentes. La primera vez, a través de un filtro que consistía en un líquido azul en una célula de vidrio; la segunda, a través de un filtro verde, y la tercera a través de un filtro rojo. Los tres negativos resultantes —negativos en colores separados, como pronto fueron llamados— se utilizaron para hacer tres diapositivas distintas. Las diapositivas se proyectaron simultáneamente sobre una pantalla. La del filtro azul, con luz azul; la del verde, con luz verde, y la de rojo, con luz roja. La imagen en color resultante, producida al sumar los tres colores primarios rojo, verde y azul, era primitiva pero satisfactoria, por lo que a lo largo de los siguientes años diferentes investigadores efectuaron variaciones de este sistema. Cada una de estas variaciones consistía en tomar tres fotografías distintas a través de filtros de diferentes colores. Una de las primeras maneras de hacerlo fue con un fondo de repetición que podía adaptarse a cualquier cámara. De este modo, la tercera parte de una placa fotográfica se fotografiaba a través de un filtro rojo. El procedimiento se repetía en el siguiente tercio a través de un filtro verde. Luego se deslizaba el fondo una vez más y el proceso se repetía de nuevo a través de un filtro azul. Esto se perfeccionó gracias a la cámara a color de rayos de superposición, elaborada aproximadamente a principios de siglo. Dicha cámara utilizaba dos semirreflectores colocados a 45° del rayo de luz entrante, que se reflejaba sobre el primer espejo para dar un rayo rojo y sobre el segundo para dar uno azul. El verde se registraba directamente. De esta ingeniosa manera una exposición podía proporcionar tres negativos en colores separados. El resultado de todos estos inventos, sin embargo, aún tenía que proyectarse en un cuarto oscuro o bien observarse mediante un aparato especial.

Ya desde 1869 se intentaba superar esta desventaja. Fue Louis Ducos du Hauron, precisamente, quien, en *Les couleurs en photographie, solution du problème*, describió cómo se podían hacer impresiones mediante el procedimiento de la substracción. En este procedimiento, las exposiciones se hacían primero a través de filtros complementarios a los colores primarios —color magenta (sin verde), verde-azul (sin rojo) y amarillo (sin azul). De los tres negativos, se hacían entonces impresiones sobre las tres hojas de gelatina que contenían pigmentos de carbón rojo, azul y amarillo. Cuando se montaban las tres hojas juntas el resultado era una imagen en color; una transparencia si la montura era de vidrio, y una impresión si la montura era de papel.

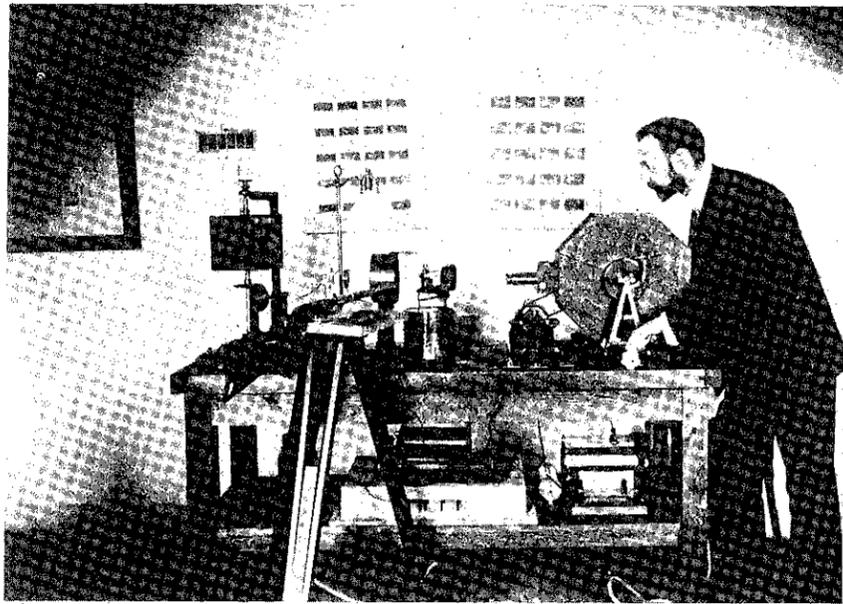
Ducos du Hauron, como otros experimentadores de su época, varios de los cuales elaboraron sistemas más o menos comparables con el suyo, se topó con un obstáculo. Este consistía en la respuesta de las emulsiones fotográficas a los colores del espectro, tan diferente de las del ojo humano. Y no fue hasta 1873 cuando Hermann Vogel, un químico alemán, descubrió que si la placa de colodión se bañaba en determinado tinte de anilina, se aumentaría su sensibilidad al verde. Puestos a trabajar, otros experimentadores fueron ampliando gradualmente la banda del espectro que afectaría las placas. El extremo rojo fue el último en ser vencido: sólo en los primeros años del siglo veinte, después de las investigaciones de la compañía alemana productora de tinturas, I. G. Farben, se puso a la venta la primera placa sensible a la vez al rojo.

Sin embargo, en cien años de esfuerzos, ésta era sólo una etapa, aunque importante, en el continuo perfeccionamiento de las emulsiones fotográficas. Pronto se hicieron placas y película sensibles a los rayos infrarrojos en un extremo del espectro visible, y a los ultravioletas y a los rayos X en el otro. La velocidad de las películas fue incrementándose de manera constante, a la vez que se fue reduciendo el espesor de las emulsiones, es decir, el tamaño de los granos individuales de plata que pueden afectar adversamente la impresión.

Pero estos adelantos, aunque gra-



Fotografía de alta velocidad de una libélula en vuelo, tomada aproximadamente a 1/2 000avo de segundo por el Dr. Lucien Bull a principios de 1900



El Dr. Lucien Bull y la cámara de tambor y chispas, 1904

dualmente hubieran acoplado la impresión fotográfica con la forma humana de ver las cosas, no producían todavía la auténtica fotografía en color. No obstante, esto significaba que una placa pancromática sensible a todos los colores visibles se podía obtener cuando finalmente hubo los medios para utilizarla en la fotografía en color.

Estos medios eran una curiosa adaptación tecnológica del método utilizado por los puntillistas, pintores de la escuela impresionista francesa que lograron sus fines usando una masa de puntos de colores intermezclados que el ojo humano fusionaba cuando se miraban desde la distancia adecuada. Este principio se utilizó exponiendo una placa fotográfica detrás de un mosaico de elementos multicolores extremadamente pequeños. Cuando el positivo resultante se miraba a través de una pantalla similar, se veía una imagen en color. El primer procedimiento de este tipo, desarrollado durante los últimos años del siglo diecinueve, utilizó una pantalla que consistía de líneas finas de los colores primarios, regladas aproximadamente a 200 por pulgada sobre la placa. Pero en unos años esto se reemplazó con las placas autocromáticas que, a partir de 1907, los hermanos Lumière manufacturaron en Francia. Primero, las placas se cubrían con una delgada capa de finísi-

mos granos de almidón, previamente teñidos de verde, rojo o azul y, después, mezclados concienzudamente. Sobre esta capa de almidón se extendía luego una emulsión pancromática delgada. La emulsión se exponía a través de los granos de almidón, cada uno de los cuales actuaba como un filtro de color individual. Después del revelado, se volvía a exponer la placa y se volvía a revelar, y el resultado era una transparencia en color hecha de pequeños granos de los colores primarios, colores que el ojo humano casaba. Durante unas tres décadas, el autrocromo dominó el campo a pesar de las largas exposiciones que su uso exigía. Otros procedimientos, tanto aditivos como de substracción, se pusieron a la venta, pero todos fracasaron. La mayoría eran insatisfactorios, o demasiado costosos o ambas cosas a la vez.

Luego, en los años de 1930, la factibilidad de hacer películas extremadamente delgadas y de capas múltiples se unió al principio del acoplamiento del tinte, descubierto por Rudolf Fischer en 1912, para producir dos películas muy similares, una hecha por la Kodak y la otra por Agfa. Ambas incorporaban una película de tres capas, cada una de las cuales era sensible a la luz azul, a la verde y a la roja respectivamente. Después de la exposición se revelaba la película, se volvía a exponer el resto del bromuro

de plata de cada capa y la película se volvía a revelar en sustancias químicas que dejaban tinte de amarillo, cian o magenta sobre las tres emulsiones dondequiera que el bromuro de plata se volviera plata. Por lo tanto, lo que quedaba por hacer era blanquear la plata hasta dejar revelar una transparencia brillante.

Algunos años después se dio el siguiente paso. Se encontró que era posible convertir cada una de las tres emulsiones en una imagen complementando el color que registraba. El resultado fue un negativo en color, irreconocible por comparación con la escena original, ya que el negativo estaba en colores complementarios; pero finalmente era un negativo a partir del cual podía hacerse un sinnúmero de impresiones con sólo repetir el procedimiento usando la misma emulsión sobre una base blanca.

La fotografía instantánea

Todos estos adelantos habían ido alejando cada vez más al fotógrafo de los pioneros. El fotógrafo ya no necesitaba ser un hábil técnico de laboratorio, competente en el manejo de diversas sustancias químicas. Sin embargo, su elección de lentes, que podían ofrecer diferentes extensiones de la imagen que quería retratar, así como la amplia variedad de películas entre las que podía elegir y las opciones brindadas por los exposímetros que indicaban cuántas fotos diferentes podían obtenerse de una escena, tendían a hacer de dicho fotógrafo una clase diferente de técnico. La caricatura del fotógrafo rodeado de accesorios colgantes tiene la verdad de toda buena caricatura. Casi tan importante como la barrera tecnológica que había tendido a crecer entre el fotógrafo y su tema era la larga tardanza entre el chasquido del obturador y la primera vista del resultado. Daguerrre, al revelar su placa y observar la aparición de la imagen mientras quien había posado seguía en el local, podía ver de inmediato lo que había creado. Aun Bisson en el Mont Blanc, abrumado como estaba por todo tipo de problemas, podía por lo menos dirigir su cámara a un mejor punto de mira si su primera placa no le satisfacía. En cambio, ahora, el

mejor de los fotógrafos debía esperar el resultado por lo menos hasta llegar a su casa, ya demasiado tarde para intentar una toma mejor.

Todo esto cambió con la introducción del procedimiento Polaroid-Land, inventado por Edwin H. Land en 1947 y perfeccionado a fuerza de imaginación a lo largo de los siguientes años. La cámara Polaroid produce fotografías en blanco y negro, o en color, unos segundos después de que han sido tomadas. Cuando Land hizo la demostración de su nuevo sistema ante la Royal Photographic Society de Londres dijo: "En las primeras expresiones artísticas, el artista iniciaba su actividad observando a su sujeto y luego, al empezar a trabajar, respondía a un estímulo doble: su sujeto original y su propio trabajo en proceso, pero aún incompleto. Con la fotografía, excepto para aquellos que combinan un largo entrenamiento con una alta habilidad técnica y con una espléndida imaginación, esta importante clase de estímulos dobles —sujeto original y trabajo terminado a medias— no puede existir. En consecuencia, para la mayoría de la gente la fotografía ha sido de interés limitado y esporádico, y no una fuente de profunda satisfacción artística, por lo que se ha abierto un abismo entre la mayoría, que toma instantáneas como recuerdo y como juego, y la minoría, que puede descubrir belleza con su medio..."

El sistema Polaroid, que salvó este abismo, al responder inventivamente a una demanda pública subyacente, utilizó agentes de elaboración en forma de jalea, contenidos en cápsulas dentro de la cámara. Después de que una película había sido expuesta, se tiraba de ella lentamente fuera de la cámara. Durante esta operación, las sales de plata no expuestas, normalmente disueltas y eliminadas por el hipo, se transferían a una hoja receptora y el revelador las convertía en plata. El negativo y el positivo emergían juntos y el positivo se separaba del negativo a la luz del día.

En los primeros modelos de la cámara Polaroid sólo se podía obtener este positivo único, pero en poco más de 25 años el sistema se ha adaptado de modo que, además del positivo, hay también un negativo del que pueden obtenerse ampliaciones en la



Ilustración de la toma de una fotografía microscópica instantánea con la cámara Polaroid Land Instrument: Arriba a la izquierda: Colocación del adaptador universal al microscopio y encuadre del sujeto. Arriba a la derecha: Colocación del enfocador sobre el adaptador y el ocular, y encuadre con precisión. Abajo a la izquierda: Colocación de la cámara sobre el adaptador universal y activación de la exposición. Abajo a la derecha: Retiro de la impresión de 3 y 1/4 pulgadas de su estuche, 60 segundos después

forma normal. Además, se ha perfeccionado una película de capas múltiples con emulsiones que llevan tintes amarillos, azul verdoso y magenta que se difunden sobre el positivo a medida que la película se retira de la cámara.

A primera vista, la cámara Polaroid puede parecer un juego. Pero no hay que engañarse. Se trata de una cámara en extremo útil, tanto para los topógrafos como para los científicos y muchos otros profesionistas que necesitan apuntes *in situ*. También, algo que por lo común no se aprecia, ha devuelto al fotógrafo-pintor la ca-

pacidad de rectificar y corregir sobre ese caballete que es la pantalla de vidrio esmerilado. En cierto sentido, la cámara de fotografías instantáneas ha devuelto al hombre la habilidad de guiar el "lápiz de la naturaleza" de Talbot de un modo enteramente novedoso. Asimismo, esta cámara, al poner a nuestra disposición de modo instantáneo y permanente las escenas que Wedgwood y otros deseaban registrar en forma fija con sus instrumentos primitivos, ha hecho que la fotografía, auxiliada por la tecnología, satisfaga la demanda general de operatividad.

LOS AUTORES

Mónica Lavín Maroto nació en México, D.F., en 1955. De 1974 a 1978 estudió biología en las áreas de concentración de ecología e hidrobiología en la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco (UAMX). Ha realizado varios trabajos de investigación, tales como "Evaluación del Nicho realizado de *Abies religiosa* en el Parque Nacional de Zoquiapan, México", y "Explotación de la langosta *Panulirus interruptus* en el litoral de Baja California Norte".

Se encargó de la formación de "Publicaciones Científicas", librería del CONACYT, inaugurada en diciembre de 1978, y actualmente es profesora en el área de ecología en la UAMX.

Pablo Latapí nació en la ciudad de México, en 1927. Realizó estudios superiores en filosofía y humanidades en México y en los Estados Unidos, y obtuvo un doctorado en ciencias de la educación en las Universidades de Munich y Hamburgo, Alemania Occidental. En 1963 fundó el Centro de Estudios Educativos, Asociación Civil, del cual fue director nueve años.

Es autor de varios artículos y de cinco libros, entre los que se encuentra *Análisis de un sexenio de la educación en México: 1970-1976*. Actualmente es asesor de la Secretaría de Educación Pública y vocal ejecutivo del Programa Nacional Indicativo en Investigación Educativa del CONACYT.

José Angel Pescador Osuna estudió economía en el Instituto Tecnológico Autónomo de México y realizó su maestría y doctorado en economía de la educación en la Universidad de Stanford, California, EE.UU.

Ha publicado algunos artículos en revistas especializadas, y actualmente es coordinador general del Sistema de Educación a Distancia de la Universidad Pedagógica Nacional, y asesor del Programa Nacional Indicativo de Investigación Educativa del CONACYT.

Galo Gómez Oyarsún nació en Chonchi, Isla Grande de Chiloé, Chile. Estudió pedagogía en matemáticas en la Universidad de Concepción, Chile, y obtuvo la maestría en la Universidad de Minnesota, Estados Unidos.

Después de ejercer la docencia en la Facultad de Filosofía y Educación de la Universidad de Concepción, de 1969 a 1972 ocupó la vicerrectoría de esa Universidad, y antes del golpe fascista en su país dirigió la Escuela de Graduados. Fue presidente de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT).

Actualmente vive en México y es secretario técnico del Programa Nacional Indicativo de Investigación Educativa del CONACYT.

Miguel Alonzo Calles nació en Mérida, Yucatán, en 1943. Se graduó en ingeniería en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), y en 1970 realizó estudios de maestría en ingeniería industrial en la Universidad de Stanford, California, EE.UU. Ha ejercido la docencia en física y matemáticas en algunas secundarias y en la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

Actualmente es presidente de la Asociación Mexicana de Ingenieros Industriales y director general de Planeación de la Secretaría de Educación Pública.

Christine Alten nació en 1943, en la ciudad de México. Obtuvo la licenciatura en física en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México en 1968. La maestría en ciencias la recibió en la misma escuela en 1974. Pertenece a la Unión Astronómica Internacional y a la Sociedad Astronómica Americana. Su campo es la dinámica estelar y el estudio de las características de estrellas dobles y múltiples. Actualmente es investigadora en el Instituto de Astronomía, y asesora editorial del CONACYT.

Carl Edward Sagan nació en la ciudad de Nueva York, en 1934. Obtuvo el doctorado en filosofía en la Universidad de Chicago, en 1966, y el doctorado en ciencias en el Instituto Politécnico Rennsaler en 1975. Ha sido asesor de la NASA y de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, y presidió en 1968 un grupo de trabajo sobre la Luna y los planetas de la Organización Espacial del Consejo Internacional de Organismos Científicos.

En 1971 fue presidente de la delegación norteamericana en la conferencia soviético-norteamericana de las Academias Científicas de Comunicación con Inteligencia Extraterrestre, y ha sido narrador de la serie de televisión *El violento universo*, producida por la BBC. Es autor de varios libros, entre los que se encuentran *Planets and Mars and the Mind of Man*.

Jean-Pierre Vielle es de origen suizo, naturalizado mexicano. En 1959 obtuvo la licenciatura en administración en Amberes, Bélgica, y en 1966 el doctorado en economía en la Universidad de París, Francia.

Fue profesor de tiempo completo en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, e investigador de la Dirección General de Coordinación Educativa de la Secretaría de Educación Pública de 1973 a 1975. En ese año fue uno de los fundadores del Programa Nacional Indicativo en Investigación Educativa del CONACYT. Actualmente es director de Reuniones de Información Educativa, A.C.

Andrea Burg estudió medicina en Estrasburgo, ortodoncia en París, prehistoria en Tolosa y antropología en México. Ha colaborado con el doctor Santiago Genovés en algunas de sus investigaciones, y ha realizado reportajes de sentido y significación social sobre Francia, la Unión Soviética y América Latina.

Actualmente es asesora de la Dirección General del CONACYT.

Lourdes Monserrat Sordo nació en 1953 en la ciudad de México. En 1975 se graduó como química farmacobióloga especializada en tecnología de alimentos en la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Ha trabajado en el Instituto Nacional de la Nutrición, en el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, en el Instituto Tecnológico Regional de La Paz, Baja California, y desde 1978 en el Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur (CIB), México. Ha realizado una intensa actividad docente y publicado varios artículos y libros, entre los que se encuentra *Hablemos un poco de mangle*, editado por el CIB en 1979.

Gustavo Padilla nació en septiembre de 1957 en Ciudad Obregón, Sonora, México. Estudia el 5o. semestre de geología marina en la Universidad Autónoma de Baja California Sur, y desde 1977 trabaja en el Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur como ayudante de investigador.

Edmundo Flores, ingeniero agrónomo y economista, es director general del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología desde el primero de diciembre de 1976.

Eduardo Muñoz Ley, nació en marzo de 1959 en Hermosillo, Sonora, México. Actualmente cursa el 2o. semestre en la Universidad Autónoma de Baja California Sur, y desde marzo de 1979 trabaja en el Centro de Investigaciones Biológicas de dicho Estado como ayudante de investigador.

Horace Freeland Judson estudió en la Universidad de Chicago, Estados Unidos. Fue corresponsal de ciencias y artes en la revista *Time* en Londres y París. Desde 1973 ha publicado artículos en revistas como *The New Yorker* y *Harper's*. Es autor de *The Techniques of Reading* y *Heroin Addiction in England*.

Damon Knight es editor y escritor de ciencia ficción. Nació en 1922 en los Estados Unidos y en 1956 ganó el Premio Hugo. Es autor de numerosos cuentos y novelas, entre las que se encuentran *Natural State*, *The Dying Man*, *The Rithian Terror*, de pequeñas historias como *In Deep*, *Turing On*, y de recopilaciones como *One Hundred Years of Science Fiction*. Por su trayectoria literaria es considerado como uno de los mejores autores contemporáneos de ciencia ficción.

Arcadio Poveda nació en Mérida, Yucatán, en 1930. Realizó sus estudios de licenciatura en física teórica y matemáticas en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México en 1951. De 1951 a 1956 estudió astronomía en la Universidad de California en Berkeley, donde se doctoró. Realizó cursos de verano de posdoctorado en Nyenrod Breuklen, Holanda, en 1960, y en la escuela Física Teórica de Les Houches, en Francia, en 1966. Recibió el Premio de la Academia de la Investigación Científica en 1966 y el Premio Nacional de Ciencias en 1975. Actualmente es director del Instituto de Astronomía de la UNAM y del Observatorio Astronómico Nacional en Tonantzintla, Puebla, y San Pedro Mártir, Baja California, y miembro de la junta editorial de nuestra revista.

Timothy Eugene Brand nació en Gregory, Dakota, Estados Unidos en 1951. En 1974 obtuvo la licenciatura en zoología, y en 1978 el doctorado en ecología marina en la Universidad de California, Estados Unidos.

Ha realizado investigaciones en los Departamentos de Geología, Biología y Agronomía de la Universidad de California, en el Lake Tahoe Area Council y en el California Primate Research Center, en los Estados Unidos. Actualmente es investigador en el Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur, México. Ha publicado algunas de sus investigaciones, entre las que se encuentra *La estructura y estabilidad de comunidades bentónicas subtropicales*.

Luis Alberto Romero nació en enero de 1957, en La Paz, Baja California Sur, México. Cursa el 5o. semestre de biología marina en la Universidad Autónoma de ese Estado. Desde 1977 trabaja en el Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur como ayudante de investigador.

Thelma Castellanos nació en febrero de 1954 en México, D. F. Se graduó como química farmacéutica bióloga, en 1977, en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Ha trabajado en el Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM, en el Instituto de Enfermedades Pulmonares, y, desde 1978, es investigadora del Centro de Estudios Biológicos de Baja California Sur.

Ronald W. Clark es periodista, originario de Londres, Inglaterra. Se ha especializado en biografías científicas y en la descripción del efecto de la ciencia en la vida contemporánea en tiempos de paz y de guerra. Fue corresponsal extranjero y de guerra en diversos lugares del mundo, al servicio de su país.

Es autor de *Einstein: The Life and Times* y de biografías sobre Bertrand Russell, Aldous Huxley, J. B. S. Haldane y Edison.

Jose de la Herrán nació en la ciudad de México en 1925. Obtuvo la licenciatura en ingeniería electromecánica en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, en 1957. Realizó sus estudios de especialización en fabricación de aceros especiales en Hütental, Alemania, en 1963, y en ingeniería óptica en la Universidad de Arizona, en Tucson, EE. UU., en 1971. En 1970 construyó el primer telescopio Makasutov en México. De 1972 a 1974 estudió fabricación de telescopios aplicados a la astronomía en el Instituto de Astronomía de la UNAM. Desde 1971, es jefe de ingeniería del Instituto de Astronomía.

REUNIONES CIENTIFICAS

ENERO 1980

Del 16 al 19

Cuernavaca, Morelos, México
IV Simposio Nacional de Ornitología
Informes: Kathleen A. Babb Stanley
Apartado Postal 70-581
México 20, D.F., México

Del 16 al 18

Duluth, Minnesota, EE.UU.
Sociedad Norteamericana de Minería, Metalurgia e Ingeniería Petrolera
Informes: T. J. de Salvo
345 E 47 St.,
Nueva York, EE.UU.

Del 17 al 19

Key Biscayne, Florida, EE.UU.
Reunión de la Sociedad de Laringología, Rinología y Otolología de la Sección Sur
Informes: J. W. Pou
2121 Line Ave.,
Shreveport, Louisiana 71104,
EE.UU.

Del 20 al 23

Oaxaca, Oaxaca, México
VII Reunión de Provincia de la Asociación Mexicana de Microbiología
Informes: M. V. Z. Carlos Pijoan A.
Instituto Nacional de
Investigaciones Pecuarías,
Departamento de Bacteriología
Km 15 1/2 Carretera a Toluca
Palo Alto, D. F., México

Del 20 al 26

México, D. F., México
Congreso del Organismo Internacional para el Comercio de Motores y Reparaciones
Informes: J. A. Hoekzema
Visseringlaan 122280
Rijswijk (ZH), Holanda

Del 21 al 23

Atlanta, Georgia, EE.UU.
Reunión de la Sociedad Torácica
Informes: W.C. Purcell
111 E. Wacker, Dr.,
Chicago, Illinois 60640, EE.UU.

Del 21 al 24

Chicago, Illinois, EE.UU.
Reunión de la Asociación Norteamericana

de Maestros de Física y de la Sociedad Norteamericana de Física
Informes: Dr. Strassenburg
Graduate Physics Bldg.,
Sunny Stony Brook, Nueva York.
11794, EE.UU.

Del 22 al 24

San Francisco, California, EE.UU.
Simposio Anual sobre la Calidad y el Mantenimiento
Informes: D. F. Barber
Box 1401, Brench P.O., Griffiss
AFB
Nueva York 13441, EE.UU.

Del 25 al 27

Santa Barbara, California, EE.UU.
Reunión de la Sociedad Norteamericana de Laringología, Rinología y Otolología de la Sección Oeste
Informes: F. H. Linthicum Jr.,
2122 W. Third St.,
Los Angeles, California 90057,
EE.UU.

Del 27 al 2

Manila, Filipinas
VI Congreso Mundial de la Asociación Internacional de Bibliotecarios y Documentalistas en Agricultura
Informes: Mrs. J. C. Sison,
Laguna 3720, Filipinas

Del 28 al 10.

México, D. F., México
Simposio Internacional de Fisiopatología, Diagnóstico y Tratamiento de los Tumores Adenohipofisarios Hiperfuncionantes
Informes: Dr. Guillermo Fanghnel
Dr. Balmis 148
México 7, D. F., México

Del 28 al 3

México, D. F., México
Sociedad de Ingenieros Manufactureros
Informes: Dr. William Hilty
1, SME Drive
Dearborn, Michigan 48128, EE.UU.

Del 30 al 31

Londres, Inglaterra
Reunión de la Sociedad Real sobre la Polémica de los Péptidos Neuroactivos
Informes: R. W. J. Keay
6, Carlton House Terrace
Londres SW1Y 5AG, Inglaterra

Del 30 al 10.

Los Angeles, California, EE.UU.
II Conferencia sobre la Meteorología de la Costa
Informes: Dr. V. R. Noonkester
Code 532, Naval Ocean Sysys Ctr.,
San Diego, California 92152,
EE.UU.

Del 30 al 10.

Pacific Grove, California, EE.UU.
X Simposio Internacional sobre Mini y Micro Computadores y su Tercera Aplicación
Informes: Sec., MIMI-80
Box 2481
Anaheim, California 92804,
EE.UU.

Del 30 al 10.

Los Angeles, California, EE.UU.
III Conferencia sobre la Interacción entre el Océano y la Atmósfera
Informes: Dr. K. B. Katsoros
Dept. of Atmospheric Sciences,
AK-40
Univ. of Washington Seattle
Washington 98195, EE.UU.

Del 30 al 10.

San Antonio, Texas, EE.UU.
Reunión de Invierno 1980 de la Asociación de Bibliotecas Especializadas
Informes: F. E. Mc Kenna
235 Park Ave.,
Nueva York 10003, EE.UU.

Del 30 al 10.

Monterey, California, EE.UU.
Conferencia del Instituto Norteamericano de Aeronáutica y Astronáutica sobre el Sistema Estratégico
Informes: Secretarial
1290 Sixth Ave.,
Nueva York 10019, EE.UU.

FEBRERO 1980

Del 3 al 7

Los Angeles, California, EE.UU.
Sociedad Norteamericana de Ingenieros especializados en Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado
Informes: R. S. Burkowsky
United Engineering Center
345 E 47 th St.,
Nueva York 10017, EE.UU.

Del 3 al 7

Nueva Orleans, Louisiana, EE.UU.
Conferencia y Exhibición Tecnológica sobre el Principio de la Energía
Informes: F. C. Demarest
Demarest Public Relations
10517 Countess Dr.,
Dallas, Texas 75229, EE.UU.

Del 4 al 16

México, D. F., México
LXXV Aniversario de la Fundación del Hospital General de México
Informes: Dr. José Chávez Espinosa
Dr. Balmis 148
México 7, D. F., México

Del 5 al 6

Los Angeles, California, EE.UU.
Seminario sobre Procesos de Limpieza, Terminado y Revestimiento
Informes: Mrs. Smith
Box 613
Azusa, California 91702, EE.UU.

Del 5 al 8

Sidney, Australia
VIII Congreso Internacional sobre la Tiroides
Informes: Australian Academy of
Science
P.O. Box, 783,
Camberra ACT 2601, Australia

Del 10 al 14

San Diego, California, EE.UU.
XXXIII Reunión Anual de la Sociedad de Manejo de Pastizales
Informes: Ing. Luis Carlos Fierro
Apartado Postal 682,
Chihuahua, Chihuahua, México

Del 10 al 16

Melbourne, Australia
VI Congreso Internacional de Endocrinología
Informes: Dr. D. M. de Kretser
Box 661 E
Melbourne, Vict. 3001, Australia

Del 11 al 13

Salt Lake City, Utah, EE.UU.
III Conferencia Internacional para Evaluar la No-Destrucción en la Industria Nuclear
Informes: Dr. VH Charyulu
Idaho State University
Box 8060
Pocatello, Idaho 83209, EE.UU.

Del 13 al 15

San Francisco, California, EE.UU.
Conferencia Internacional sobre los Circuitos y el Estado de los Sólidos
Informes: L. Winner
301 Almeria Ave.,
Coral Gables,
Florida 33134, EE.UU.

Del 16 al 21

Hobart, Australia
Convención de la Asociación Dental Australiana
Informes: Dr. H. Hammer
130 New Town Road
Tasmania 7008, Australia

Del 18 al 19

Uruapan, Michoacán, México
I Simposio Nacional sobre Parasitología Forestal
Informes: David Cibrian Tovar
Laboratorio de Entomología
Forestal
Departamento de Bosques
Universidad Autónoma de
Chapingo
Estado de México, México

Del 18 al 20

Louisville, Kentucky, EE.UU.
Reunión Anual de la Asociación de Técnicos del Asfalto y del Pavimento
Informes: E. L. Skok Jr.,
University of Minnesota
Minneapolis 55422, EE.UU.

Del 18 al 20

Atlanta, Georgia, EE.UU.
Reunión sobre la Generación de Energía y la Congeneración en la Industria de Productos Forestales
Informes: Ms. C. Walling
2801 Marshall Court,
Madison, Wisconsin 53705,
EE.UU.

Del 18 al 22

México, D. F., México
Curso de Dermatología Pediátrica
Informes: Enrique Chico Cortina
Insurgentes Sur 3700
México 22, D. F., México

Del 21 al 24

México, D. F., México
Conferencia y Simposio Técnico
Informes: Consejo Nacional de
Turismo
Mariano Escobedo 726
México, D. F., México

Del 23 al 29

San Francisco, California, EE.UU.
Conferencia de Primavera del Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica y de la Sociedad de Computación
Informes: H. Hayman
Box 639
Silver Spring, Maryland 20901,
EE.UU.

Del 24 al 27

México, D. F., México
VII Reunión Conjunta México-EE.UU., sobre Ingeniería Civil. Problemas en Ciudades Fronterizas
Informes: Mauricio Hammer
Camino de Santa Teresa 187
México 22, D. F., México

Del 24 al 27

Atlanta, Georgia, EE.UU.
Reunión Anual de la Asociación Técnica de la Industria de la Pulpa y el Papel
Informes: R. A. Klucken
One Dunwoody Park
Atlanta, Georgia 30341, EE.UU.

Del 24 al 28

Las Vegas, Nevada, EE.UU.
CIX Reunión Anual del Instituto Norteamericano de Minería, Metalurgia e Ingeniería Petrolera
Informes: T. J. De Salvo
345 E 47 St.,
Nueva York, EE.UU.

Del 24 al 29

San Diego, California, EE.UU.
Reunión de la Sociedad Norteamericana de Colposcopia y Patología Cervical
Informes: W. S. Slack
6900 Grove Rd.,
Thorofare, Nueva Jersey 08086,
EE.UU.

Del 25 al 29

Detroit, Michigan, EE.UU.
Congreso y Exposición de la Sociedad de Ingeniería Automotriz
Informes: A. L. Weldy
400 Commonwealth Dr.,
Warrendale, Pennsylvania 15096,
EE.UU.

Del 26 al 28

San Diego, California, EE.UU.
III Conferencia sobre Láseres y Sistemas Electro-Opticos
Información: G. Sherman
Saxenburg Blvd.,
Pennsylvania 16056, EE.UU.



23 - 30 ABRIL 1980
SAN JOSE, COSTA RICA

ENVIRONMENTAL
RESEARCH INSTITUTE OF MICHIGAN



INSTITUTO
GEOGRAFICO
NACIONAL

Mayor información:

Dr. Jerald J. Cook,
Environmental Research Institute
of Michigan, P.O. Box 8618,
Ann Arbor, Michigan, 48107, USA.

Ing. Fernando M. Rudin Rodríguez,
Instituto Geográfico Nacional,
Apartado 2272,
San José de Costa Rica.

Del 26 al 7
Camberra, Australia
I Conferencia Pan-Pacífico sobre Drogas y Alcohol
Información: Secretariat
Pan-Pacific Conference
GPO Box 2609
Sidney NSW 2001, Australia

Del 28 al 29
Upton, Nueva York, EE.UU.
Reunión de Especialistas sobre el Decaimiento de la Transferencia del Calor y la Convección Natural en Reactores Rápidos
Información: A. K. Agrawal
Bldg. 130 Brookhaven
National Laboratory
Upton, Nueva York 11973,
EE.UU.

MARZO 1980

Del 2 al 7
Las Vegas, Nevada, EE.UU.
Convención Anual del Instituto Norteamericano del Concreto
Informes: George F. Leyh
Box 19150, Redford Station
Detroit, Michigan 48219, EE.UU.

Del 3 al 7
Atlanta, Georgia, EE.UU.
Asociación Técnica de la Pulpa y Reunión Anual de la Industria del Papel
Informes: Philip E. Nethercut
One Dunwoody Park
Atlanta, Georgia 30338, EE.UU.

Del 3 al 7
Cleveland, Ohio, EE.UU.
XXXI Conferencia Pittsburgh sobre Química Analítica y la Aplicación del Espectroscopio
Informes: Miss M. Phillips
Koppers Co.,
440 College Park Drive
Monroeville, Pennsylvania 15146,
EE.UU.

Del 4 al 6
Zurich, Suiza
Seminario Internacional Zurich 1980 sobre Comunicación Digital
Informes: P. E. Leuthold
Inst. F. Hochfrequenztechnik
ETH-Zentrum,
CH-8092 Zurich, Suiza

Del 5 al 9
México, D. F., México
Academia Norteamericana de Pediatría
Informes: Robert G. Frazier
1801 Himman Ave.,
Evanston, Illinois 60204, EE.UU.

Del 9 al 13
Reno, Nevada, EE.UU.
LIV Congreso de la Sociedad Internacional de la Investigación sobre la Anestesia
Informes: B. B. Sankey
3645 Warrensville Center RD.,
Cleveland, Ohio 44122, EE.UU.

Del 9 al 14
San Luis Missouri, EE.UU.
Congreso Norteamericano sobre la Agrimensura y la Cartografía
Informes: G. Cline
Box 12209, Souldard Station
San Luis Missouri 63157, EE.UU.

Del 10 al 13
Nueva Orleans, Louisiana, EE.UU.
Conferencia de Primavera 1980 sobre Ingeniería de Fluidos
Informes: Ms. E. Lanman
345 E 47 St.,
Nueva York 10017, EE.UU.

Del 11 al 14
México, D. F., México
Convención Internacional de Informática
Informes: Investigación en Informática y Tecnología Avanzadas, A.C.
Schiller 148 - 3er. piso,
México 5, D. F., México

Del 17 al 19
Houston, Texas, EE.UU.
Reunión Anual de la Asociación sobre Procesos del Gas
Informes: C. Sutton
1812 First National Bank Bldg.,
Tulsa, Oklahoma 74103, EE.UU.

NOTA

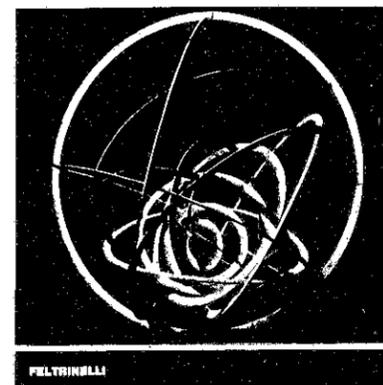
Se ruega a las instituciones académicas, científicas, tecnológicas, que organicen reuniones, congresos o simposios, enviar sus datos a: *Reuniones Científicas y Técnicas*, Editorial del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Insurgentes Sur 1814, 6o. piso, México 20, D. F., de las 8.00 a las 15.00 hrs. Tel.: 524 66 21.

NOTAS BIBLIOGRAFICAS

BIBLIOTECA DI ECONOMIA

SALVATORE BIASCO
**L'INFLAZIONE
NEI PAESI CAPITALISTICI
INDUSTRIALIZZATI**

IL RUOLO DELLA LORO INTERDIPENDENZA 1968-1978



L'inflazione nei paesi capitalistici industrializzati: il ruolo della loro interdipendenza, 1968-1978. (La inflación en los países industrializados: el papel de su interdependencia, 1968-1978), por Salvatore Biasco, Editorial Feltrinelli, Milán, Italia, 1979, 247 pp.

Uno de los problemas a los que se ha enfrentado la economía mundial es el aumento de los precios, aproximadamente a partir de 1969. En la mayoría de los países industrializados, fundamentalmente, es donde se han presentado procesos inflacionarios caracterizados por la extraordinaria coincidencia en sus comportamientos.

El interés principal de Biasco en este libro está dirigido a analizar el fenómeno inflacionario que ha caracterizado a la última década. En su estudio prevalecen primordialmente dos enfoques relacionados entre sí. En el primero los protagonistas son los grandes Estados nacionales: el centro del sistema —los Estados Unidos de Norteamérica—, y después "Alemania" y "Gran Bretaña" (las comillas señalan comportamientos típicos de países fuertes y débiles). Los países del Tercer Mundo y los socialistas están al exterior del análisis. En el segundo enfoque los protagonistas son los grupos, las clases, los estratos y las alianzas que se desarro-

llan en el interior de cada Estado nacional.

Biasco toma como punto de partida que la inflación de los últimos diez años es un fenómeno esencialmente internacional. Estudios recientes sobre las causas de la inflación hacen referencia, entre otras, a las modificaciones sociopolíticas internas y a la variación de la distribución del ingreso, que son aspectos centrales en las transformaciones de las economías industriales; sin embargo, tienen el defecto de la parcialidad en sus explicaciones. En este estudio, se analizan detalladamente las causas y la totalidad de los fenómenos, que por sus características son considerados más que simples sucesos internos. El análisis (tratándose de una experiencia histórica muy definida) se divide en tres partes y éstas tienen periodizaciones importantes. "La necesidad de separar en dos (ó tres) subperíodos no nace del diverso clima político interno e internacional que prevalece, sino de los resultados de la misma inflación, uniforme primero, diversificada después."

La primera sección, que abarca de 1968 a 1973, se refiere al proceso de formación de la inflación, analizando las causas y los efectos de la difusión del aumento de los precios, y al abandono generalizado de los cambios fijos en 1973. Biasco hace una reconstrucción minuciosa de los factores que determinaron un cambio radical en la economía mundial. Para esto, presenta una rica y completa información en lo referente a la experiencia anterior a 1968. La transformación, según él, se presentó: "Cuando cambiaron las condiciones de los países más estables desde un punto de vista monetario y más fuertes competitivamente, lo que les impidió mantener una influencia preponderante sobre el sistema mundial de los precios, y cuando esta influencia fue ejercida por los países menos estables y más débiles competitivamente." Se señala que los precios comienzan a aumentar en todo el mundo industrializado, se revalorizan el marco en 1969 y el yen por primera vez a mediados de 1971. A partir de marzo 1973 comienza una inflación general.

Estos sucesos determinaron un cambio de importancia en la economía mundial que contrastaba con la uniformidad de los precios anteriores a 1968 ("...los precios de exportación de los países capitalistas son constantes por lo menos hasta 1968, y hasta decrecientes en algunos años").

Para reconstruir el mecanismo de los impulsos inflacionarios y para entender mejor las causas de este fenómeno, Biasco nos dice que es necesario tomar, como punto de partida, las modificaciones que presenta la liquidez internacional; esto con el objeto de no dejar dudas sobre el hecho de que los procesos inflacionarios mundiales no encuentran obstáculos por el lado de su financiamiento.

"La insuficiencia de liquidez contribuía a mantener las presiones sobre los precios de algunos países propensos a desarrollar procesos inflacionarios." A partir de 1969-1970 se presenta una fuerte expansión de medios de pago. Junto a la liquidez oficial aumenta la privada, y la expansión de esta última constituye una importante modificación estructural en el sistema financiero. Después de esta premisa, se analizan las secuencias por las que se genera la liquidez internacional y el proceso de transmisión de ésta a los precios internacionales. Señala que la formación de liquidez de los últimos años tuvo lugar a través de desequilibrios de base, por los movimientos desestabilizadores de fondos, por la defensa de las paridades fijas y por la intermediación del eurodólar. Además, la abundancia de medios monetarios internos, junto a la presencia de altos niveles de ocupación e ingreso y de conquistas en materia de legislación laboral, impidieron aplicar políticas de control inmediato de la inflación y debilitaron notablemente las reglas de juego de la ortodoxia financiera.

La inflación que se presenta en algunos países a partir de 1973, ya no es controlable con las políticas de "freno y aceleración" (*stop and go*) que se ejercieron sobre los países en déficit durante el período de cambios fijos. Es cada vez más costoso políticamente y menos eficaz técnicamente aplicar políticas económicas como

la de "freno y aceleración" en los países con tendencia al pasivo de la balanza de pagos, siendo más fácil financiar los pasivos.

El autor entra en polémica con las tesis de *cost push* por no considerar el sistema internacional como tal, y con la monetarista por reducir el problema de la transmisión de la liquidez a los precios exclusivamente a desequilibrios en la demanda y la oferta. También, en esta parte de su estudio nos muestra los principales esquemas teóricos necesarios para la comprensión de los sucesos históricos.

En la segunda parte de la primera sección analiza en detalle el costo de los productos de base y el aumento de los salarios. Por lo que se refiere a los primeros, menciona el aumento generalizado de los costos de producción y alimentación. Todos los mercados presentan aumentos de precios; un ejemplo de esto es que de 1969 a 1974 el costo del petróleo no se elevó más que otras mercancías como el zinc, la lana, el azúcar, etcétera. "So-

bre algunos bienes se presentó una verdadera transmisión de la especulación de los mercados nacionales a los internacionales, y viceversa."

En lo referente a los salarios, muestra las dificultades que se tienen para explicar las variaciones de éstos a través de la influencia de la demanda de fuerza de trabajo, pues ésta tiene una doble determinación: un desempleo más alto a paridad del nivel de la actividad económica, y un mayor incremento salarial a paridad de desempleo. De esta forma se configura la "nueva" inflación: cuando la economía cae en recesión, la actividad económica disminuye y aumenta el desempleo, la tasa de incremento de los salarios permanece a un nivel alto, y grandes tasas de inflación coinciden con las elevadas tasas de desocupación.

La segunda sección abarca el período de 1974 a 1976 y se refiere sobre todo a la diversificación de la inflación (sin que se creara una autonomía) entre los países del área capita-

lista industrial.

Biasco señala que el movimiento de los cambios influyó mucho sobre la transmisión interna de la inflación, sobre la formación de la liquidez y sobre el comportamiento monetario de las materias primas y de los salarios de cada moneda nacional. Al mismo tiempo, debido a las frecuentes devaluaciones y revaloraciones se presenta una lentitud en los mecanismos de ajuste.

Los desequilibrios venían financiados cuando no se lograban ajustar en la balanza comercial. Esto provocó un crecimiento considerable de la liquidez que se acompañó de un deterioro de la posición neta externa de muchas economías. Se calcula que en el período de 1973 a 1975 el deterioro fue de 22 mil millones de dólares sólo para los países industriales, exceptuando a los Estados Unidos de Norteamérica. Las deudas contraídas por los países en desarrollo eran de 20 mil millones de dólares al año en el período de 1974 a 1976 (exceptuando la Or-

ganización de Países Exportadores de Petróleo -OPEP-). Por países, la deuda (solamente en lo que se refiere al sistema bancario) era muy elevada; en diciembre de 1977 fue de 20 mil millones de dólares para Brasil y de 18 mil millones de dólares para México.

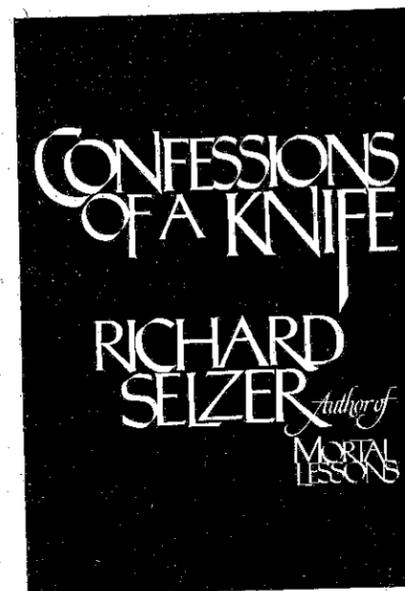
Lo anterior provocó que las condiciones de la liquidez se vieran debilitadas, debido a que para muchos países se agotaron las posibilidades de crédito, pues las concesiones se otorgaron con base en la situación de la balanza de pagos; por lo tanto, los países más débiles encontraron dificultades para la obtención de préstamos.

Ante la incapacidad de las fuentes oficiales de crear medios de pagos y préstamos internacionales, las bancas comerciales se convirtieron en la principal fuente de creación de liquidez oficial. Entre 1974 y 1976 el 50% de las reservas de dólares se crearon a través de los bancos del euromercado. "Alemania, Japón y los Estados Unidos en vez de tomar responsabilidades internacionales, han estado, entre ellos y los países en pasivo, en competencia por los fondos privados a través de políticas restrictivas." Biasco menciona que ningún país se salva del imponente ajuste de actividad económica. El desempleo registrado en la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) en 1975 es de 15 millones de personas. "La depresión mundial se desarrolló probablemente más allá de las intenciones, y el proceso se hizo incontrolable hasta alcanzar el punto en que la desocupación se convirtió en fuente de inestabilidad política."

En la tercera y última sección, que se refiere al período de 1976 a la fecha, y que cubre la precaria estabilización que siguió a la recesión de 1975, el investigador italiano señala que se presenta una nueva expansión de medios de pagos y créditos. Sin embargo, los elementos de elasticidad son tan amplios como para transformar los procesos que rigieron el comportamiento de los precios entre 1974 y 1976. Además, el autor augura que no se presentarán alteraciones de importancia en el futuro inmediato. Para esto se analizan las variables más importantes que condicionan el proceso.

Este libro no es sólo valioso por la amplitud y por la documentación de análisis, sino porque reconstruye minuciosamente los procesos, los desmonta y los vuelve a construir. Además, abarca la totalidad de los fenómenos y presenta una documentación muy completa y selecta. Estudio importante sobre una difícil materia.

Eduardo Mapes



Confessions of a Knife, por Richard Selzer, Simon and Schuster, Nueva York, 1979, 209 pp.; y *The Medusa and the Snail. More Notes of a Biology Watcher*, por Lewis Thomas, Viking, Press, Nueva York, 1979, 175 pp.

¿Por qué hay tantos médicos literatos? Entre ellos están Rabelais, John Keats, Oliver Goldsmith, Tobias Smollett, A. Conan Doyle, Anton Chejov, W. Somerset Maugham, Louis-Ferdinand Céline, Gertrude Stein, William Carlos Williams y Walker Percy. Este último dijo alguna vez: "Si quiere ser novelista, trabaje en los hospitales".

La escuela de medicina le proporciona al literato algo que no puede encontrar en otras disciplinas universitarias: la experiencia directa del sufrimiento humano y un conocimiento íntimo y profesional de la organiza-

ción deficiente de la mente y el cuerpo. El estudiante de medicina observa de cerca la patología del ser humano y se percató de que lo "normal" no se encuentra fácilmente. También aprende a observar a sus pacientes con frialdad científica, método que el escritor puede aplicar a su material.

Chejov, quien practicó la medicina toda su vida, dijo que ésta era su esposa y la literatura su amante, más querida que su esposa. Estaba consciente de que "...el estudio de las ciencias médicas afectó notablemente mi obra literaria, ensanchó el campo de mis observaciones y me enriqueció en conocimiento, verdadero valor que, en mi opinión de escritor, sólo puede entenderlo alguien que también sea médico. La medicina ejerció en mí una influencia orientadora, y tal vez porque me encontraba tan cerca de ella pude evitar muchos errores."

Para Maugham, que atendió 30 partos como ayudante de obstetricia en un hospital de Londres, el trabajo en los hospitales era "la materia prima de la vida", lo que no pudo encontrar en Oxford. Vio cómo los hombres morían y soportaban el dolor y aprendió que el sufrimiento no ennoblecía. Aun cuando no ejerció su profesión después de graduarse, dijo: "...no conozco mejor adiestramiento para un escritor que el dedicarse algunos años a la medicina".

Al ser admitidos en los hogares los médicos presencian nacimientos y muertes. En una declaración espontánea William Carlos Williams dijo: "...solamente la medicina, un trabajo de mi agrado, me daría la posibilidad de vivir y escribir como yo quería". No deseaba ser cirujano para "...no pasarme la vida hurgando en las entrañas de la gente". Por esto se volvió médico de familias, dio consultas a domicilio y ayudó a que los bebés eruptaran. Al hacerlo, descubrió la materia prima de su poesía. "Mi medicina fue lo que me ganó el derecho de penetrar estos jardines secretos del ser ... mi título de médico me permitió seguir a los pobres cuerpos derrotados en estos remolinos y estas grutas." En forma similar, muchos cuentos de Chejov están fundados en el contacto que tuvo con familias de las ciudades rusas en las que trabajó, y la primera novela de Maugham.

MAESTRIA EN ADMINISTRACION

El Programa de Maestría comprende 24 materias que se imparten en ciclos trimestrales de once semanas efectivas de clases. Los ciclos de inician en los meses de octubre, enero, abril y julio.

TRIMESTRE ABRIL-JUNIO 1980

Examen de clasificación:	5, 12 y 19 de marzo
Entrevistas con funcionarios académicos:	10 al 14 de marzo
Iniciación de cursos:	7 de abril
Terminación de actividades:	20 de junio

TRIMESTRE JULIO-SEPTIEMBRE 1980

Examen de clasificación:	4, 11 y 18 de junio
Entrevistas con funcionarios académicos:	16 al 20 de junio
Iniciación de cursos:	7 de julio
Terminación de actividades:	19 de septiembre

INFORMACION: RIO HONDO No. 1 SAN ANGEL. TELS • 550 93 00, 01, 02

INSTITUTO TECNOLOGICO AUTONOMO DE MEXICO

RADIO
EDUCACION

1060 KHZ

600 700 800 1200

NOTICARIO CULTURAL

sección CIENCIA
de martes a viernes
18.30 horas



MONICA NAVARRO RUIZ
PRODUCTORA

178

Liza de Lambeth, es en realidad un reportaje sobre los tugurios de Londres a los que le daba acceso su maletín negro de interno de un hospital.

El ejercicio de la medicina proporciona un enfoque, la armazón de un estilo literario, más que material de creación. Su práctica, como la de las letras, interesa a todo el género humano. Con su naturaleza concreta, enseña que la vida está hecha de detalles, que no hay dos situaciones idénticas y que el cuerpo humano es un anfitrión paradójico, sumamente duradero y al mismo tiempo muy frágil. "Corresponde al poeta —escribió William Carlos Williams— no hablar en categorías imprecisas, sino escribir lo particular, así como un médico trabaja frente a su paciente, frente a lo que tiene ante sí, lo particular; a fin de descubrir lo universal."

Entre los médicos escritores actuales, Richard Selzer y Lewis Thomas representan la actividad de los doctores en nuestra sociedad como cierto tipo de sacerdocio, éstos, ordenados por la virtud de su título e iniciados en las complejidades de la medicina moderna, bendicen y ungen a sus pacientes con los sacramentos del diagnóstico y de las pruebas de laboratorio. Ellos son los custodios de un acervo misterioso de conocimientos que aceptan compartir con los fieles que leen sus libros.

En *Confessions of Knife* (*Confesiones de un bisturí*), Selzer, profesor de cirugía en la Escuela de Medicina de Yale, nos lleva a las salas de operación para observar la reparación de un cuerpo humano, como si fuera un aparato descompuesto, y nos inicia en los ritos de la cirugía como la alimentación por tubos y los trasplantes de aortas.

En el mundo del cirujano, la vida es el tenue sonido del electrocardiograma. Con su bata manchada de sangre, el cirujano debe impedir que ese sonido se desvanezca. Viva o muera un paciente, tiene que continuar con la siguiente operación. Así, su trabajo se presta a meditar sobre la condición humana.

El libro de Selzer, que expresa el verdadero drama de la labor del cirujano (no es coincidencia que el lugar en que opera se llame anfiteatro), es a menudo fascinante. Pero su estilo, reproducción artificial de la prosa del

siglo XVII, mal adaptada a su tema, estropea su relato. Es desconcertante que nos describa las técnicas de la medicina moderna en un lenguaje tomado de los tiempos en que los cirujanos eran también peluqueros.

Selzer no tiene la habilidad para decir las cosas en forma sencilla. Para él la muerte es el "detestable reposo interior", un ataque de la vesícula biliar se califica como "traición biliar", el amor es una "picazón punzante" y un viajero es un "camionante incansable". Con mucha frecuencia, sacrifica la exactitud a una imagen llamativa. El cirujano abre el cuerpo como "un vándalo que despoja una galería". ¿Por qué comparar un trabajo de curación con el vandalismo?, o, cuando alguien cura heridas, dice: "siembro gasa en mi superficie, retrocedo en espera de que aparezca el fruto color púrpura"; como si la gasa fuera la semilla que brotó en la sangre, cuando en realidad ésta sólo cubre la herida e impide que la sangre se derrame.

El estilo de Selzer se vierte como una salsa destinada a ocultar el mal sabor de las viandas. "Parecía creerse —escribe Selzer— que un hombre que hizo el juramento de Hipócrates para curar a los enfermos, tenía que mostrarse implacable en la supresión de sus deseos de inhalación, por temor a sembrar mortíferas sombras en las mentes fecundas." Lo que traducido al lenguaje sencillo significa: "los médicos no deben fumar".

La prosa, con sus agudezas complicadas y sus invocaciones al "gentil lector", parece provenir de autores del siglo XVII como Thomas Browne (también médico) y Jeremy Taylor. Hijo de un barbero, Taylor fue obispo anglicano y autor religioso de gran fuerza y elocuencia, y conocido como "el Shakespeare de los predicadores". Tres siglos después, persisten la cadencia y los procedimientos retóricos de la prosa de Taylor en la de Selzer.

He aquí un ejemplo de Jeremy Taylor: "Absorba pequeñas porciones y espárzalas por la lengua o el paladar, aun cuando los grandes bocados y los abundantes tragos son fáciles y suaves para el tacto ... y por lo tanto no permita que el placer abarque más allá del sabor ... no corra hacia él de antemano, ni mastique como

rumiante una vez terminada la comida." Selzer sobrepasa a Taylor en elocuencia: "¿Qué puede compararse con la lengua? ¡Oh Dios! ¿Qué puede compararse con la lengua? Aleteo de rocío en el umbral de la garganta, trabajadora rutinaria, goma que enjuga, músculo cuya punta vibrante destila poesía, como saliva... sigue paciendote. Tú, lengua, novia y cuna del amor. Para tu labor, mil lenguas más no serían excesivas." En ocasiones, Selzer hace eco del estilo y el pensamiento de Taylor, quien escribió que hay ciertas ventajas en la enfermedad porque "...quita la sensación de mala fortuna que asombra a ciertos espíritus, y los transporta más allá de todos los límites de la paciencia ... Los temores de la indigencia y la perturbación de la ambición yacen y descansan en la almohada del enfermo". Selzer se muestra de acuerdo al escribir que "...no es del todo un mal estar un poco enfermo. La gripe, la fiebre, los bochornos, e incluso el vértigo común, ofrecen por igual a musulmanes, judíos y cristianos la oportunidad de meterse a la cama y permanecer allí mientras el resto del mundo se dirige al trabajo". Esta es una opinión universal, pero parece que ya nos estamos alejando de nuestro tema.

Qué alivio se siente al pasar de la predicación de Richard Selzer al estilo sencillo y exacto de Lewis Thomas. Cuando Thomas intenta presentar una imagen, lo hace con exactitud y fluidez: "... las verrugas son estructuras asombrosas, pueden aparecer en una noche en cualquier lugar de la piel, como hongos en un campo húmedo, bien crecidas y con la espléndida complejidad de sus formas ... Ahí se yerguen como densas e impenetrables fortalezas de cuerno, inexpugnables, diseñadas para la defensa contra el mundo exterior."

Thomas comienza con la observación cuidadosa de pequeños detalles, que repercuten en la mente. Con frecuencia toma ejemplos de la biología, aunque es médico y presidente del Centro Sloan-Kettering contra el Cáncer. En el ensayo que forma parte del título de su libro, "The medusa and the Snail" (La medusa y el caracol), nos presenta a dos de las criaturas más bajas en la escala de la evolución, una medusa y un caracol,

que habitan la bahía de Nápoles. La medusa, diminuto parásito fijado en la parte inferior del caracol, produce descendientes sanos. Cuando corresponde al caracol producir larvas, éstas se encuentran atrapadas dentro del cuerpo de la medusa, en una especie de sombrilla. Las larvas hambrientas comienzan a devorar a la medusa desde el interior, completándose el ciclo de crecimiento del caracol con una medusa parásita aferrada a su piel. En este caso, Thomas nos dice que se trata de una colaboración entre dos especies que deben devorarse una a otra para poder sobrevivir. Algunos podrían ver en esta curiosidad biológica una parábola del matrimonio moderno, o un modelo de relación entre el hombre y su medio. El autor se las arregla para presentar los datos biológicos de tal manera que nos indiquen algo acerca de la condición humana, como si en cada etapa de la evolución, desde el caracol hasta el vípedo vertical, las criaturas sensibles actuaran en escenas analógicas.

Thomas nos dice repetidas veces que la naturaleza ofrece modelos para el comportamiento social complejo; por ejemplo, la observación de las hormigas lo conduce a sugerir que el altruismo forma parte de la naturaleza biológica del hombre y que eso se comprobará en cuanto los científicos aislen el cromosoma de la ayuda mutua.

Obsérvese lo que sucede cuando sufrimos un ataque de gérmenes portadores de enfermedades: una persona con meningitis no muere por la acción de los gérmenes en su cuerpo, sino por los linfocitos que produce su organismo para que ataquen a los gérmenes. Thomas escribe: "...el mecanismo de defensa se transforma en la propia enfermedad y causa de muerte, mientras que las bacterias desempeñan un papel de espectadoras". Según parece, en cada uno de nosotros hay un "gobierno" que puede ordenar el lanzamiento de cohetes contra un enemigo relativamente inofensivo, y el resultado puede ser fatal. Se trata de cosas espantosas con las que debemos vivir, ya que no tenemos ningún control sobre los mecanismos involucrados, pero Thomas parece un apacible relator de cuentos para dormir a los niños, y nos pide

que no temamos a la oscuridad, ya que todo tendrá un final feliz. Después de observar su microscopio, levanta la cabeza sonriendo. Cree en el progreso y nos señala que estamos mejor, que avanzamos más, y que gozamos de salud como no nos lo imaginamos. Nos anuncia el día en que habrá de existir una nueva especie exenta de enfermedades, cuando sean derrotados los grandes males mortíferos como el cáncer y los trastornos del corazón. Ese día puede llegar —aunque otros médicos nos aseguran que no está a la vista la curación del cáncer—, pero esa sociedad tendría sus propios problemas, como el de formar una enorme población de centenarios.

Lewis Thomas es un autor tan equilibrado y juicioso que me sorprendí, en una o dos ocasiones, al encontrarlo abogando por causas especiales. Según nos dice, es un simplismo atribuir una enfermedad al medio ambiente o a los modos erróneos de vida. Está convencido de que la curación del cáncer acabará siendo "un simple obturador en el centro de las cosas". Uno se asombra al pensar si es apropiado que Thomas, el director del Centro Sloan-Kettering contra el Cáncer, se muestre partidario en este debate contemporáneo.

Mientras tanto, la Cancer Society (Sociedad de Lucha contra el Cáncer) nos dice que el 80% de los cánceres son causados por contaminantes del ambiente. Los científicos dedicados al estudio de los productos carcinógenos dicen que Thomas no ayuda a la investigación contra el cáncer al sostener la teoría del "simple obturador". Como lo expresaba un bioquímico que trabajó en el Centro Sloan-Kettering: "Thomas tenía todo en *Vidas de una célula* (su libro anterior), salvo la tintura roja número 2".

Dejando a un lado esta objeción, Thomas sigue siendo un autor valioso, el único que, según recuerdo, puede traducir datos científicos oscuros en un conjunto de pensamientos que demuestra la conexión entre los fenómenos biológicos y el modo de funcionamiento de nuestra sociedad. Su obra tiene la textura de la permanencia. Es uno de aquellos médicos que serán recordados por su prosa.

Ted Morgan

179

Teorie odrazu a kybernetika

Jiří Zeman

ACADEMIA

Teorie odrazu a kybernetika (Teoría del reflejo y cibernética. Importancia de los conceptos reflejo e información para el monismo materialista), por Jiří Zeman. Editorial Academia, Praga, 1978, 251 pp., 14 figuras.

El objetivo de *Teoría del reflejo y cibernética*, de Jiří Zeman, es avanzar en el estudio de la relación existente entre la teoría del reflejo de Lenin y los conceptos fundamentales de la cibernética, en particular el de información. Su propósito es esclarecer la unidad material del mundo desde el punto de vista de la filosofía científica que se basa en los resultados de la ciencia contemporánea. A la luz del monismo materialista subraya la necesidad de una unión unitaria del mundo y busca un lenguaje común, un punto de contacto entre la filosofía y las ciencias naturales. Esta posición permite al autor investigar el concepto de información en relación con los avances recientes de la teoría del reflejo, uno de los pilares que soportan la filosofía del materialismo dialéctico.

El primer capítulo, "La lucha del materialismo y del idealismo en la ciencia contemporánea, particularmente en la cibernética", analiza las posibilidades de introducir los nuevos conceptos científicos al materialismo dialéctico y ofrece una crítica al hecho de que algunas corrientes filosóficas burguesas hayan intentado distorsionar estos conceptos.

El siguiente capítulo, "Reflejo", describe el desarrollo de la teoría de éste en la historia de la filosofía hasta el arribo de la concepción leninista del mismo; aborda los momentos principales del concepto del reflejo en

la filosofía marxista contemporánea (reflejo en la naturaleza orgánica e inorgánica, elemental, mediato e inmediato, potencial y actual, activo y pasivo, etcétera) y esboza algunos de los problemas aún por resolver.

El tercer capítulo, "Entropía e información", hace un análisis a fondo de estos conceptos tanto en la termodinámica clásica como en la termodinámica de los sistemas abiertos, en la cibernética y en la teoría de la información. A continuación habla del estado de dichos conceptos en la literatura contemporánea, particularmente en los trabajos soviéticos acerca de los problemas filosóficos de la cibernética. Abunda posteriormente sobre los aspectos y clases de información (información y neg-entropía; información técnica y semántica, actual y potencial, condensada y diluida; útil y dañina, estructural y libre), sobre la relación de ésta con el reflejo, con la variedad, con la estructura, con la organización, con la redundancia o densidad de información, al mismo tiempo que subraya la objetividad del orden y de la entropía.

El capítulo cuarto, "Evolución", trata fundamentalmente de la aplicación de la teoría del reflejo y de la cibernética al problema de la evolución. Hace una relación y una crítica de las concepciones idealistas modernas más importantes sobre la evolución, tales como: holismo, organicismo, emergentismo, bergsonismo, neovitalismo, creacionismo y teísmo. Luego considera la relación del concepto de la evolución con el tiempo, muy en especial el problema de las concepciones del tiempo no homogéneo en conexión con los aspectos del desarrollo o crecimiento de la organización, del aumento del orden. Esta posición trata de elucidar el concepto de la evolución desde el punto de vista de la teoría del reflejo y de la cibernética, y muestra que sólo la concepción dialéctico-materialista que se basa en los conceptos de reflejo y auto-organización es capaz de explicar científicamente la esencia de la evolución.

El capítulo quinto, "Conciencia", habla de ésta como reflejo de la realidad y del condicionamiento de la misma durante el proceso de interacción con el medio ambiente exterior. A partir del concepto de "campo",

aplicado especialmente en física y matemáticas, apunta las posibilidades de desarrollo del mismo en la psicología, donde parece adquirir una significación metodológica creciente. Este capítulo presenta también un resumen de las principales tesis materialistas sobre la conciencia, así como definiciones de las escuelas psicológicas más importantes. Más adelante llama la atención sobre la relación de la conciencia con el reflejo y con la información, y destaca la contribución de la cibernética a la psicología, particularmente en lo referente a la llamada formalización del pensamiento.

El capítulo sexto, "Cognición", se aboca al concepto de la llamada esfera informacional y analiza la esfera de las condiciones y parámetros de actividad cognoscitiva humana a la luz del reflejo y de la información. El autor analiza el proceso del conocimiento llamado transformación epistemológica como proceso del reflejo al que se le pueden aplicar los métodos de la teoría de la información. En esta parte del libro se ven también los principales problemas de la llamada información científica, de su significación y de su funcionamiento.

El capítulo final, "Monismo materialista y organización de la materia" resume y acentúa las principales ideas desarrolladas en el trabajo mencionado. La concepción moderna del materialismo dialéctico acerca de la unidad de formas de movimiento de la materia incluye conceptos como estructura, orden, etcétera, lo cual muestra que la dialéctica marxista incorpora gradualmente estos conceptos en sí misma y que los desarrolla como un instrumento teórico práctico para la construcción de la sociedad socialista dentro del marco y de las condiciones de la revolución científico-técnica contemporánea.

En síntesis, lectura apasionante donde la brillante exposición del autor señala un avance en el desarrollo del monismo materialista al emplear resultados recientes emanados de la investigación en el campo de la teoría leninista del reflejo, desde puntos de vista teóricos y metodológicos.

Javier Covarrubias



UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL
AREA DE SERVICIOS DE BIBLIOTECA
Y DE APOYO ACADEMICO

FECHA DE DEVOLUCION

<i>Autoreg</i> OCT. 22 1995		
<i>Autoreg</i> NOV 23 1996		
<i>Autoreg</i> 1966 EZ CANA		
<i>Autoreg</i> 17 NOV. 1990		

El lector se obliga a devolver este material antes del vencimiento del préstamo señalado por el último sello.

DISEÑO Y
DESARROLLO

Electrónico
Mecánico

ASESORIA E
INFORMACION

Proveedores
Instalación de equipos
Fabricantes
Normalización
Laboratorios

MANTENIMIENTO

Optico de precisión
Electrónico
Electro-mecánico

INGENIERIA

Producto
Producción
Comunicación gráfica

PRODUCCION

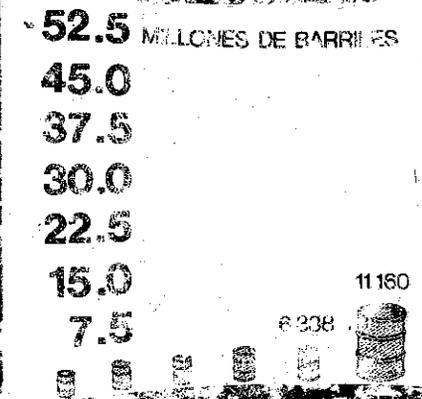
Mecánica
Electrónica

CENTRO DE INSTRUMENTOS

Cd. Universitaria Apdo. Postal 70-186 México 20, D. F. Tel. 5500416

Buen para el mundo

Las reservas totales
de México



PEMEX

PETROBRAS
Una industria