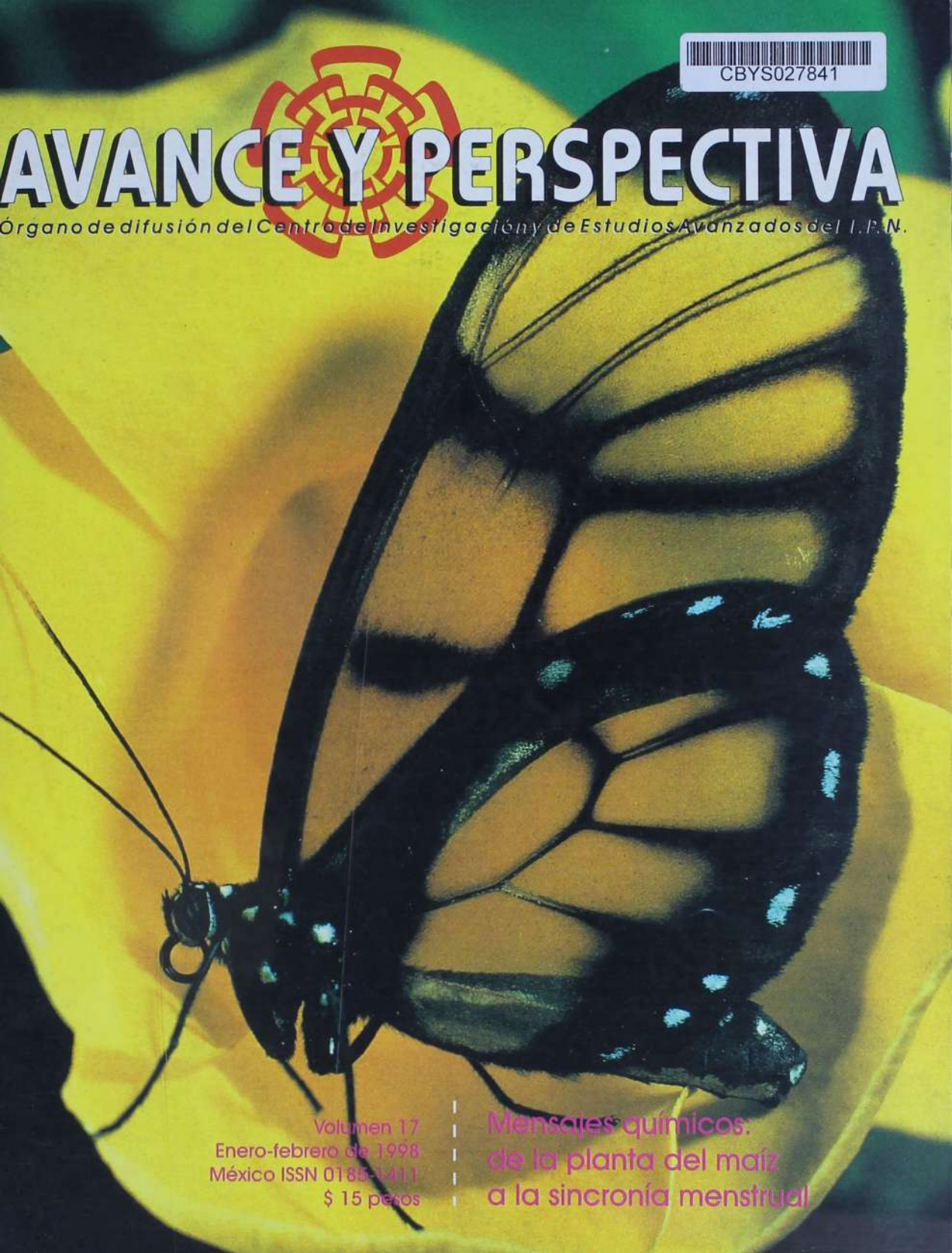




AVANCE Y PERSPECTIVA

Órgano de difusión del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N.



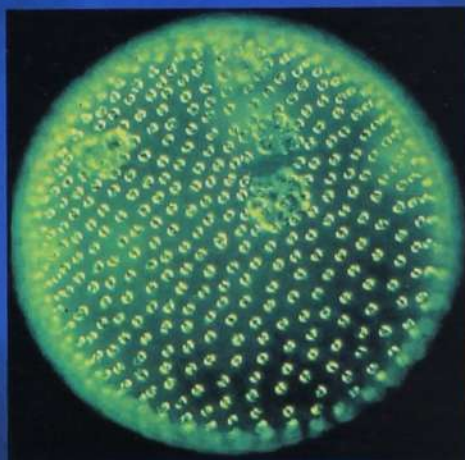
Volumen 17
Enero-febrero de 1998
México ISSN 0185-1411
\$ 15 pesos

Mensajes químicos:
de la planta del maíz
a la sincronía menstrual

2º Simposio Mexicano sobre física Médica

26, 27 y 28 de febrero, 1998

Auditorio Amoxcalli, Facultad de Ciencias,
UNAM, Ciudad de México



Conferencistas Invitados

Juan José Alvarado, CINVESTAV-Mérida
Olga Avila, ININ
E. Bartolomé, U. Barcelona
Antonio Cerdeira Altuzarra, CINVESTAV
Megali Estrada del Cueto, CINVESTAV
Emilio Esparza Coss, IFU Gto.
E. Fernández, IFAE/Barcelona
Maricarmen Franco, Hospital San José, Mty.

María Garza, IIMAS-UNAM
Julio Mendoza, CINVESTAV
María Cristina Piña, IIM-UNAM
Alfredo O. Rodríguez González, U. de Nottingham
Ben Tsui, U. de North Carolina
D. Wegener, U. Dortmund
Steve M. Wright, U. Texas A&M
Adolfo Zárate-Morales, F. C.-UNAM

Mayores Informes:

<http://www.fis.cinvestav.mx/gherrera/symp/>

Arturo Becerril: arturob@servidor.unam.mx Roberto Ortega: roberto@aleph.cinstrum.unam.mx
Ma. Ester Brandan: brandan@ifunam.ifisicacu.unam.mx Gerardo Herrera: gherrera@fis.cinvestav.mx
Héctor Méndez: mendez@fis.cinvestav.mx Lydia Paredes: lpg@inin.mx



Centro de Investigación
y de Estudios Avanzados del IPN
CINVESTAV

DIRECTOR GENERAL

Adolfo Martínez Palomo
SECRETARIO ACADEMICO
Manuel Méndez Nonell
SECRETARIO DE PLANEACIÓN
Luis Alfonso Torres
SECRETARIO DE RECURSOS
HUMANOS Y MATERIALES
Leonardo Contreras Gómez

AVANCE Y PERSPECTIVA

DIRECTOR EDITORIAL

Enrique Campesino Romero
EDITORA ASOCIADA
Gloria Novoa de Vitagliano
COORDINACIÓN EDITORIAL
Martha Aldape de Navarro
DISEÑO Y CUIDADO DE LA EDICIÓN
Rosario Morales Alvarez
APOYO
Sección de Fotografía
del CINVESTAV
CAPTURA
Josefina Miranda López
Isabel Negrete
María Gabriela Reyna López

CONSEJO EDITORIAL

Jesús Alarcón
MATEMÁTICA EDUCATIVA
René Asomoza
INGENIERÍA ELÉCTRICA
J. Víctor Calderón Salinas
BIOQUÍMICA
Marcelino Cerejido
FISIOLOGÍA
Eugenio Fríxione
BIOLOGÍA CELULAR
Jesús González
LAB. DE QUERÉTARO
Luis Herrera Estrella
UNIDAD IRAPUATO
María de Ibarrola
INVESTIGACIONES EDUCATIVAS
Eusebio Juaristi
QUÍMICA
Miguel Ángel Pérez Angón
FÍSICA
Gabino Torres Vega
FÍSICA

Consulte nuestra página
de internet:

<http://www.cinvestav.mx/webelct/avance.htm>

RESPONSABLE

Valente Espinoza

AVANCE Y PERSPECTIVA

SUMARIO

Vol. 17

enero-febrero de 1998

- 3 *Mensajes químicos: de la planta del maíz a la sincronía menstrual*
Robert Wolf
- 15 *Los arrecifes coralinos de México: consideraciones sobre su manejo*
Luis Capurro
- 23 *XV años del posgrado en biología marina*
Dalila Aldana Aranda

PERSPECTIVAS

- 31 *Libros de texto gratuitos*
María de Ibarrola

LOS PREMIOS NOBEL EN CIENCIAS 1997

- 37 *El premio Nobel de Física*
Luis A. Orozco
- 43 *De los priones y los tauones*
Raúl Mena López
- 47 *El premio Nobel de Química*
Marietta Tuena de Gómez-Puyou

NOTICIAS DEL CINVESTAV

- 49 *J. A. Fernández Guasti, A. Gómez Lim, J. Mustre de León, Premios de Investigación 1997 de la AMC*
M. G. López Pérez y R. Lizárraga Guerra, Premio Nacional en Ciencia y Tecnología de Alimentos 1997
CONACyT aprobó nuevamente todos los programas de posgrado del Cinvestav

INNOVACIONES EDUCATIVAS

- 53 *La reforma educativa 20 años después*
Carlos Chimal

LIBROS Y REVISTAS

- 62 *Cono de sombra, de José-Leonel Torres*
Miguel Ángel Pérez Angón

Portada: La comunicación química en acción, mariposa ala clara del Perú (*Ithomia* sp.).

Foto: Gail Shum-way.

Avance y Perspectiva, órgano de difusión del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, CINVESTAV, es una publicación bimestral. El número correspondiente a enero-febrero de 1998, volumen 17, se terminó de imprimir en diciembre de 1997. El tiraje consta de 8,000 ejemplares. *Editor responsable*: Enrique Campesino Romeo. Oficinas: Av. IPN No. 2508 esquina calzada Ticomán, apartado postal 14-740, 07000, México, D.F. Certificados de licitud del título No. 1728 y de contenido No. 1001 otorgados por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Reserva de Título No. 577-85 otorgado por la Dirección General del Derecho de Autor de la Secretaría de Educación Pública. Publicación periódica: Registro No. 01603-89, características 220221122, otorgado por el Servicio Postal Mexicano. *Negativos, impresión y encuadernación*: Litográfica Electrónica, S. A. de C. V. Calle Vicente Guerrero 20 A Col. Barrio San Miguel, Iztapalapa, 09360, México, D.F. *Avance y Perspectiva* publica artículos de divulgación y notas sobre avances científicos y tecnológicos. Los artículos firmados son responsabilidad de los autores. Las instrucciones para los autores que deseen enviar contribuciones para su publicación aparecen en el número enero-febrero de 1998 página 64. Se autoriza la reproducción parcial o total del material publicado en *Avance y Perspectiva*, siempre que se cite la fuente. *Avance y Perspectiva* se distribuye en forma gratuita a los miembros de la comunidad del CINVESTAV y a las instituciones de educación superior. Suscripción personal por un año: \$ 90 pesos.

V Simposio de Probabilidad y Procesos Estocásticos

29 de marzo al 3 de abril de 1998
CIMAT, Guanajuato, Gto.

Cursos

- *Probabilistic interpretation and approximation of some Boltzmann equations*
Sylvie Méléard, Universidad de París VI
- *An introduction to Stein's method and application to empirical measures*
Gesine Reinert, Universidad del Sur de California
- *Probability and combinatorial optimization*
Joseph Yukich, Universidad Lehigh
- *Wiener chaos: theory and application*
Víctor Pérez-Abreu, CIMAT, Guanajuato

Conferencias Invitadas

- José R. León, Universidad Central de Venezuela
- Jorge A. León, CINVESTAV
- José A. López-Mimbela, CIMAT, Guanajuato
- Roberto Quezada, UAM-I
- Ofer Zeitouni, Technion

Existe un número limitado de becas para
estudiantes de posgrado

Comité Organizador

Begoña Fernández, Facultad de Ciencias, UNAM
José María González Barrios, CIMAT e IIMAS-UNAM
Luis G. Gorostiza, CINVESTAV

Mayores Informes

CIMAT, Apdo. Postal 402, C. P. 36000 Guanajuato, Gto., México

Tel: (52)(473) 27155, Fax (52)(473) 25749

e-mail: estoc@hp.fciencias.unam.mx

Mensajes químicos: de la planta del maíz a la sincronía menstrual

Robert Wolf

En un artículo anterior¹ comentamos por qué el público no aprecia a la química a la altura de su importancia. La explicación que nos ha parecido más plausible se refiere a la escala infinitesimal en la cual se desarrollan los eventos de esta ciencia. La formación y ruptura de los enlaces entre átomos, los arreglos intramoleculares, la expulsión o la adición de un grupo de átomos en una molécula dada, etc., son todos eventos que no pueden ser observados a nuestra escala. Dicho en otra forma, es la medida inverosímilmente pequeña de moléculas químicas, "verdaderas", "últimas", "individuales", granos de materia que no puede ser dividida, sin perder el concepto de molécula, que nos impide captar los eventos químicos que se desarrollan en todo instante a nuestro derredor. Recordemos que "molécula", en su sentido etimológico, significa pequeña masa. Haría falta un aumento de escala de decenas de millones, por lo menos, para "ver" lo que pasa a escala molecular.

Para rodear este obstáculo y sensibilizar más a nuestros contemporáneos, deseamos señalar que los fenómenos observables a nuestra escala, pero desencadenados por cantidades infinitesimales de producto químico, proporcionan una vía que permite compartir nuestro entusiasmo por un tema universalmente presente: la ecología química. Esta nueva faceta de la ciencia se interesa sobre todo en el sistema de comunicación molecular que transporta la información entre los individuos de una misma especie y regula

El Dr. Robert Wolf es investigador emérito del CNRS, Universidad Paul Sabatier, Toulouse, Francia. La versión en francés de este texto apareció en *Frequence Chimie* **12**, 4 (1996). Traducción de Gloria Novoa de Vitagliano.

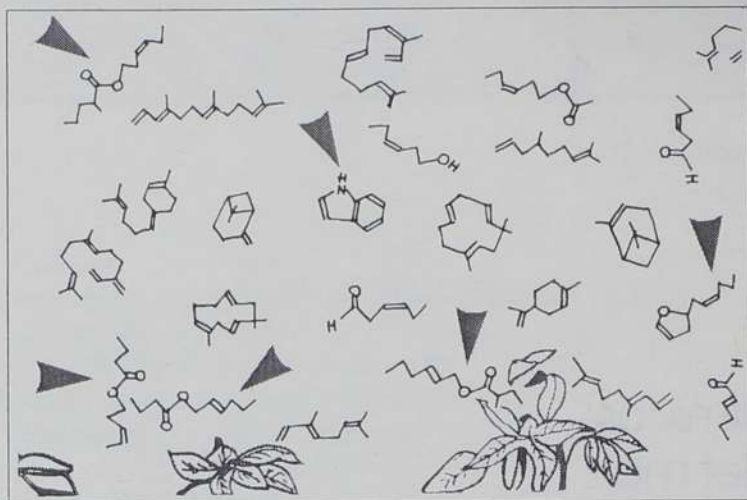


Figura 1. Cuando la planta de algodón es agredida por las orugas su "respiración" química se hace cien veces más abundante y contiene moléculas que no aparecen en su respiración normal (marcadas con flechas).

igualmente numerosas interacciones entre los dos millones de especies que pueblan nuestro planeta.

Desde hace dos o tres décadas, los investigadores han comenzado a decifrar esta extraordinaria red de comunicación y nosotros hemos narrado algunos avances espectaculares en el terreno de los insectos. Del primer artículo¹ recordemos, como orden de dimensión, que una mariposa hembra emite una cantidad de olor igual en peso a una cienmilésima de confeti, pero que es suficiente para atraer a una mariposa macho a varios kilómetros de distancia. Es cierto que esta pequeña cantidad de feromona contiene alrededor de 25 mil millones de moléculas "verdaderas", y que algunos cientos de ellas son suficientes en cualquier instante para guiar a la mariposa macho. Este es todo el secreto y la eficacia de este tipo de comunicaciones.

Veremos que el mundo vivo está "inundado" de tales mensajes. Estos últimos contribuyen al equilibrio entre el maíz, la avispa y la oruga fitófaga. Están presentes en las bacterias y gobiernan la acción de amibas unicelulares para reunirse en paquetes de cien mil. Hablaremos también de lampreas, de marranas y marranos, y de damas que viven reunidas en grupos. Brevemente, sin hacer ruido ni dar ninguna imagen, estos mensajes casi irreales, pero omnipresentes producen en los seres vivos un número increíble de conductas.

Insectos y vegetales

Los insectos utilizan semáforos moleculares con fines muy variados: búsqueda de alimento, sexualidad, defensa, miedo, agrupación... Pero el imperio de los insectos no está aislado del mundo viviente: cohabita, coexiste, coevoluciona con las otras especies. Se sobreentiende que las comunicaciones químicas se establecen en todos sentidos, cada especie de insecto está afiliado con determinados vegetales y animales en particular. La comunicación química es utilizada para resolver problemas de competencia inherentes a las necesidades de espacio, de agua, de alimentos, de pareja sexual... En esta complejidad presentamos un ejemplo de cohabitación entre insectos y vegetales, y rendimos en primer lugar un homenaje de admiración a las hazañas de los científicos que hacen progresar el análisis químico sobre cantidades tan pequeñas. Sobre unos cuantos centésimos de microgramo, y aún menos, se puede determinar la estructura de un compuesto. Este avance permite explorar el terreno de la señalización molecular. Los compuestos químicos en cantidades mínimas están por todos lados, hay hasta tres mil compuestos diferentes en una sola fumada de cigarrillo. Pero frecuentemente estas moléculas no son el resultado de la contaminación, sino que transportan información.

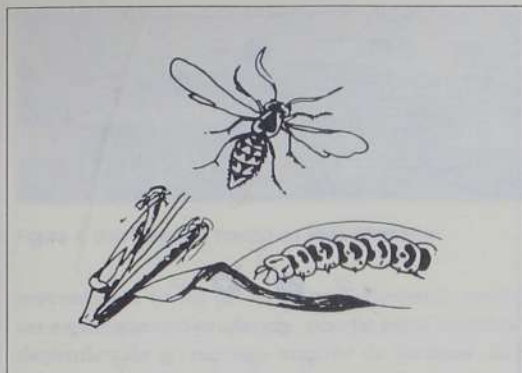


Figura 2. Se comienza a interpretar la conversación olfativa entre oruga, maíz y avispa...

Las plantas con flores, a su vez, dependen de insectos y también de ellos deben saber defenderse. Dependen de ellos para su polinización, y ofrecen a los insectos devotos un arsenal de trucos atractivos: colores vivos, perfumes delicados, néctares azucarados, frutas apetitosas... Al insecto macho les ofrecen aun la imitación de una bella hembra... Pero las plantas también temen a los insectos cuando éstos son consumidores de hojas... Se tienen entonces que poner en guardia y desarrollan un arsenal de defensas para enfrentarse a los amigos de ayer, que se han convertido en los depredadores de hoy. Se puede uno imaginar que una misma planta que atrae un insecto en período de fertilización deberá defenderse de la oruga del mismo insecto dos meses más tarde.

En aparatos especialmente concebidos para analizar la "respiración" de las plantas, se constata que éstas emiten continuamente una mezcla de productos químicos. El cocktail proporcionado por una planta de algodón, por ejemplo, tiene una quincena de compuestos conocidos por los químicos y alegremente bautizados: *pineno*, *bisaboleno*, *farneseno*... La cantidad producida es, para el conjunto, del orden de microgramos en tres horas de la tarde. Si se agrede esta planta con cinco orugas hambrientas (larvas de *Spodoptera exigua* Hübner) la emisión es fuertemente modificada. Para empezar, aparece una media docena de compuestos nuevos, entre los cuales se encuentran el indol y la jasmona. Después, las cantidades globales recogidas, siempre cada tres horas en las tardes son respectivamente multiplicadas por 20, 100 y 40. Estos hechos demuestran al experimentador que la planta de algodón dispone de un sistema complejo de



emisión de productos químicos, y que éste se modifica por una agresión. Este embrión de lenguaje está presente en las plantas más diversas. ¿Por qué? Se han considerado muchas hipótesis: cicatrizar una herida, evitar infecciones bacterianas o virales, reprimir al agresor con moléculas disuasivas: tóxicas, malolientes, pegajosas, no apetecibles... o aun informar a las plantas vecinas? ¡Hay tantas proposiciones que los investigadores tratan de verificar, comenzando con las plantas de gran cultivo que sirven de alimentación al hombre!

Los resultados son a veces inesperados. Se sabe interpretar una parte por lo menos de la "conversación" entre el maíz (*Zea mays*), una oruga ansiosa de comer sus hojas (*Spodoptera frugiperda*) y una avispa parásita de la oruga (*Cotesca marginiventris*). Se ha observado desde hace mucho tiempo que esta avispa asegura el alimento de su progenie depositando un huevo en la oruga previamente paralizada. Esta reserva de alimento viviente asegura el desarrollo del huevo pero termina por fallecer en una semana. Pero ¿cómo es que en la extensión de un campo de maíz, la avispa descubre a sus víctimas? Una primera idea fue explorada: ¿posiblemente la oruga emite trazas de compuestos volátiles que son percibidos por la avispa? La respuesta fue negativa, prácticamente ninguna señal de este género ha sido detectada. Sin embargo, la experimentación demuestra que la avispa detecta a distancias considerables algunos derivados químicos volátiles. Aún más, ella puede, por aprendizaje, asociar un olor desconocido a una recompensa (ise



entiende una oruga!). Existe una interpretación que puede ser posible: las emanaciones olorosas del maíz agredido son interpretadas por la avispa como la presencia de una oruga que comienza a devorar las hojas. La planta aplica el proverbio: el enemigo (la avispa) de mi enemigo (la oruga) es mi amigo, por lo que yo lo atraigo por vía química. Queda por comprenderse cómo la planta es advertida de la agresión del depredador. A este nivel nuevamente se encuentra una señalización molecular. La oruga no emite sustancias volátiles, pero no puede esconder la naturaleza de sus regurgitaciones y deyecciones. Es el acoplamiento de los productos químicos de éstas con las heridas producidas al comer la hoja lo que desencadena la reacción de alerta. Si se hiere una hoja con una navaja, la planta prácticamente no reacciona. Pero el depósito de productos regurgitados sobre esta herida provoca la emisión química que atrae a la avispa. Cuando nosotros hablamos de hoja, hablamos en realidad de la planta entera que responde a la agresión de la oruga fitófaga. Las hojas no heridas participan también en la emisión.

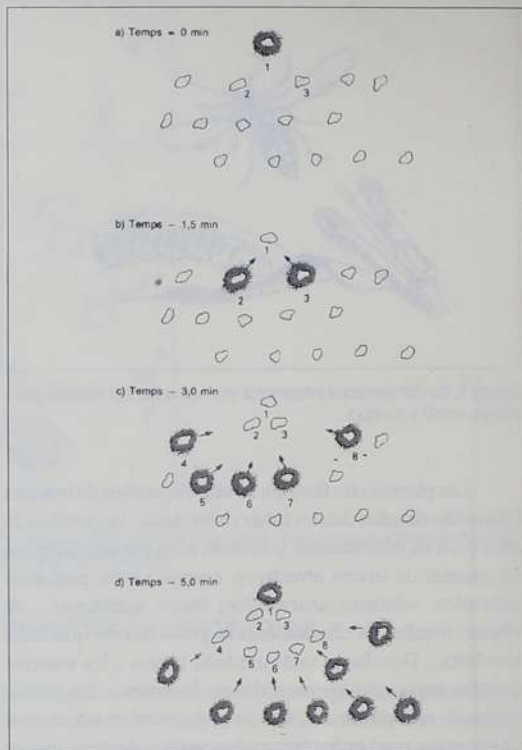


Figura 3. Poco a poco, gracias a una señalización química, cerca de cien mil amibas se reúnen en algunas horas, cuando el hambre se deja sentir, para formar la "babosa" como base de la próxima colonia.

Se ha podido demostrar que las señales moleculares emitidas por los vegetales tienen otras funciones. En un radio de una veintena de metros, ellos informan a las plantas de su misma especie de la llegada de depredadores, información que provoca preventivamente el sistema de defensa. Estos resultados prueban que una red densa y compleja de comunicaciones químicas funciona entre los insectos y el mundo vegetal.

Dos hechos son inesperados: en primer lugar, el papel activo de la planta que por señalización molecular ayuda a la avispa en sus búsquedas. Después, la posibilidad de modificar el comportamiento de las avispas por aprendizaje con la idea subyacente de utilizarlas como agentes de policía en los grandes cultivos. ¡Sin duda, no es gran mérito ser el instructor de una oruga! Pero el hombre está tan interesado como la planta en la limitación de ciertas orugas y explora la forma de utilizar estos sutiles

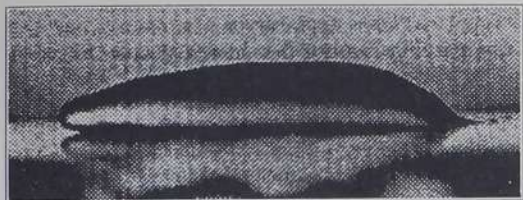


Figura 4. Una "babosa" hecha de 100 000 amibas.

mecanismos en su favor! El procedimiento merece ser explorado con prudencia, porque estos equilibrios dependen de un número enorme de factores. Si se agrega al drama de estos tres participantes un hongo y una bacteria, se verá cómo el problema se complica rápidamente...! Como anécdota, notemos que en estas comunicaciones una de las infomoléculas es *alpha trans bergamoteno*, un alegre nombre que hace pensar en Nancy.

Pero dejemos los insectos y los vegetales para remontarnos en la escala de la evolución hasta las criaturas monocelulares.

Amibas y bacterias

Para alguien no especializado en biología, la señalización molecular entre un individuo emisor de moléculas significativas hacia un compañero que posee el quimiorreceptor adecuado, es de una construcción más simple que los dispositivos de comunicación sonora y a *fortiori* óptica que nos son familiares. Como todo individuo para sobrevivir tiene necesidad de recibir informaciones provenientes del mundo exterior, no es sorprendente enterarse que los seres vivos unicelulares obtienen también información justamente por reconocimiento molecular (quimiotaxis). Así, la *Escherichia coli*, en busca de alimento, se dirige con la ayuda de sus flagelos hacia el L aspartato, cuando su concentración alcanza 3 mg por m³, un regalo que le es proporcionado por receptores adaptados. La misma bacteria huye de los iones níquel y cobalto bivalentes, tóxicos para su supervivencia. Este puñado de informaciones químicas obtenidas por la bacteria contienen las bases de la señalización molecular. En el medio acuático es vital para una célula obtener información sobre la concentración de un catión en el exterior para regular las bombas que mantienen el gradiente de concentración entre el interior y el exterior.

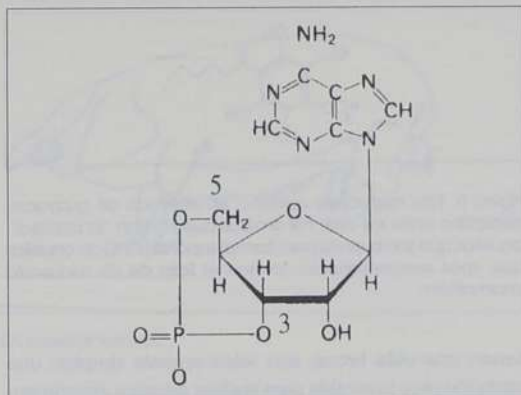


Figura 5. 3', 5'-AMP cíclico ... promueve la reunión de las amibas como feromona. La misma moléculas juega un papel crucial en cada una de nuestras células (segundo mensajero).

De manera pragmática se puede sugerir que la comunicación química se desarrolla cuando los desechos moleculares naturales de la bacteria permiten a sus congéneres imitar una migración favorable o a un depredador de localizarla y de ir a consumirla. La comunicación química es inseparable, consubstancial al ser vivo. Es el descubrimiento tardío y por fragmentos del fenómeno (insectos, vegetales, peces, hormonas humanas) lo que retarda tomar en cuenta su importancia. Estas señales nos llevan a las amibas, golosas de bacterias y de detritus.

Un centímetro cúbico de tierra puede contener, como orden de magnitud, un millón de bacterias y 10,000 amibas; estas últimas tienen un tamaño de diez a veinte veces mayor que el tamaño de las bacterias. En el suelo las amibas más importantes son denominadas acrasiales, en nombre de la bruja Acrasia (reina de las hadas en un poema de Edmund Spenser), que atraía a los hombres y los embrujaba para convertirlos en animales.

El comportamiento de las amibas *Dictyostelium discoideum* es considerado como una de las primeras tentativas de la evolución en el paso de los seres vivos monocelulares hacia las estructuras pluricelulares. Esta particularidad ha atraído a los biólogos, que disponen así de un modelo particularmente bien adaptado para estudiar cómo alrededor de cien mil amibas individuales se reúnen en una especie de babosa de un milímetro, se diferencian, y fabrican juntas alrededor de 70,000 esporas. Estas amibas

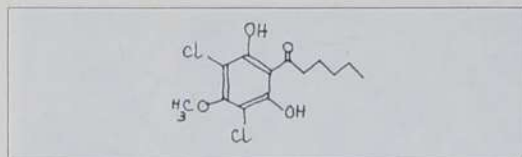


Figura 6. Este mensajero químico, un derivado de guayacol, discrimina entre las cien mil amibas que forman "la babosa", aquellas que son buenas para formar esporas (70%) de aquellas que, más modestamente, forman el tallo de un minúsculo champiñón.

tienen una vida breve, son relativamente simples: una situación muy favorable para realizar estudios experimentales.

Cada amiba aislada trata de realizar el proyecto ideal de toda criatura: encontrar las condiciones más confortables para sobrevivir y multiplicarse. Cuando el alimento abunda, no hay problema. Si las condiciones materiales se vuelven difíciles, lo que se puede hacer a voluntad privándolas de bacterias (su alimento preferido), se observa que, después de un período de ocho horas, las amibas que formaban una capa uniforme en la caja de Petri, se comienzan a reunir en un centro. Esto resulta de una amiba única. Se ha podido demostrar que el llamado de emergencia que emiten es una salva molecular formada de adenosina monofosfato cíclico (AMP cíclico). De pasada, admiremos el éxito que representa la caracterización de un compuesto químico en estas condiciones, ¡un compuesto entre miles de otros posibles! La señal es periódica, emitida aproximadamente cada seis minutos, y con un radio del orden de seis a diez diámetros de amibas. Las que reciben la señal son estimuladas por dos conductas. Ellas suben el gradiente de concentración del derivado fosforado hacia el lugar del llamado y emiten a su vez el AMP cíclico. Para que el sistema funcione, la señal debe ser periódicamente destruida a fin de que no sea ahogada en el ruido de las señales precedentes. Hay una enzima, la fosfodiesterasa, que asegura esta destrucción.

Para saber cómo la amiba es guiada por la feromona, los investigadores han contemplado dos dispositivos: o bien posee receptores diferentemente colocados que dan las señales de intensidad diferentes siguiendo la dirección, o bien la concentración es determinada, digamos cada minuto, memorizada, y la dirección es elegida en función de dos medidas sucesivas. Los resultados experimentales

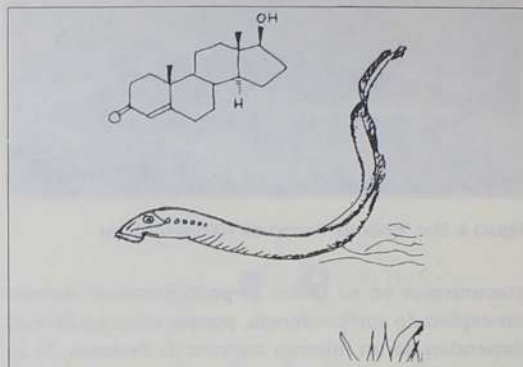


Figura 7. La testosterona participa en el llamado de la lamprea macho en el momento del acoplamiento.

están en favor de este último dispositivo. Cada especie de amibas acrasiales posee una señal molecular particular. Seguramente que los investigadores, no tanto malévolos sino curiosos, han mezclado dos especies diferentes para observar que cada una se aglomere sin error sólo con sus congéneres.

El objeto de reunirse, que ha sido provocado por la penuria alimentaria, es formar esporas, mejor adaptadas que las amibas en condiciones difíciles. La esporulación releva así la comunicación química: interviene un factor de diferenciación que impone a las amibas dos destinos diferentes. Este ha sido caracterizado y extrañamente es un derivado clorado del guayacol. Por su acción alrededor de siete décimos de las amibas darán esporas y las otras servirán para formar la armadura de una especie de un hongo muy pequeño que se forma a partir de la babosa. Todo pasa como si estos dos destinos fueran distribuidos al azar (¿quién elige?), seguido por migraciones al interior del hongo pequeñito, cada amiba se dirige hacia el lugar de su destino. Un evento completamente inesperado se ha puesto en evidencia. Si el ser compuesto se corta en dos, la orden del guayacol se anula y la diferenciación en cada una de las dos mitades de la pequeña babosa se convierte en cero.

La lamprea

Caminando por las calles de Burdeos algunos aparadores de restaurantes invitan a los paseantes a entrar a comer lampreas (*Petromyzon marinus*). Es una especie de pez

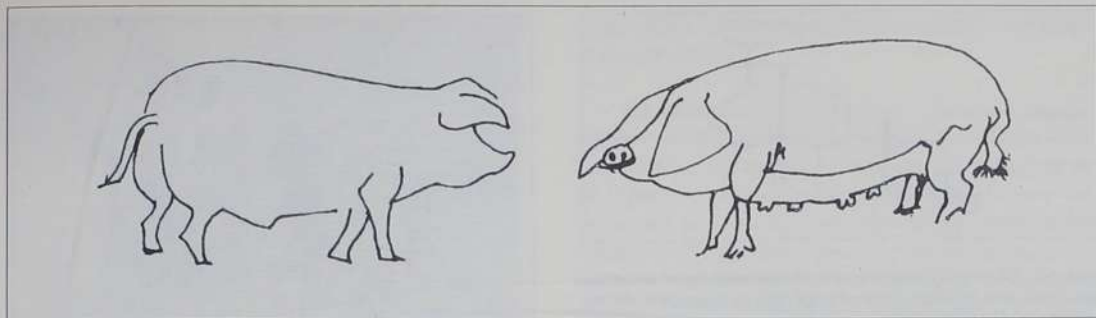


Figura 8. "Dos esteroides, cercanos a la testosterona van a intervenir en nuestros retozos..."

primitivo sin mandíbula (*agnathe*) que tiene la forma de una anguila. Su boca es circular y se aplica como una ventosa al pez que devora. Es importante en términos de evolución porque la lamprea marca el surgimiento de los vertebrados, aun cuando su esqueleto es más cartilaginoso que óseo. Su aparición se remonta, según se estima, a 530 millones de años. Es común en las aguas marinas de las desembocaduras de los ríos. Para atraparla, los pescadoras de la Gironde ponen en una nasa (cilindro de junco enretejido, cubierto por un lado por una tapa)², por la noche una lamprea macho sexualmente maduro. Al día siguiente recogen las lampreas hembras que han sido atraídas por el macho. Se ha podido determinar que es la orina la que contiene las moléculas de atracción. En la mezcla de los compuestos extraídos de ésta se ha podido caracterizar la testosterona, la misma molécula que en los seres humanos determina los caracteres de masculinización del embrión. El umbral de concentración para obtener una respuesta positiva es del orden de un miligramo por 30 metros cúbicos de agua. Un estudio más detallado muestra, sin embargo, que la testosterona no es la única que está presente, porque la orina por sí sola es diez mil veces más eficaz. O bien una o más moléculas están presentes con un poder de atracción enormemente grande, o bien un efecto sinérgico interviene entre la testosterona y cualesquiera otra u otras moléculas.

La aparición de la testosterona en este relato como feromona, es decir como molécula química que interviene entre dos individuos de una misma especie (la lamprea) en beneficio de cada uno, ilustra la dificultad de definir bien las palabras hormonas y feromonas: esta testosterona es la misma que en 1939 le valió el Premio Nobel a Butenandt por el descubrimiento de la primera hormona, definida entonces como una molécula mensajera

intercelular en el interior de un individuo. La testosterona transporta por lo tanto informaciones sin relación entre sí entre la lamprea y el ser humano. Se observa allí un fenómeno que se ha impuesto en el estudio del ser vivo: una misma molécula, una misma unidad funcional (proteína, enzima...) son adaptables y reutilizables en dispositivos diversificados y para usos muy diferentes. Hay un principio de economía, de parsimonia, materializado en una cierta manera en el código genético universalmente presente en el ser vivo.

Preludios al apareamiento del puerco (*Sus scrofa*)

Hace algunos decenios la marrana y el cerdo se mantenían encerrados en un espacio reducido mientras que el criador y sus amigos bebían un vaso de vino en espera de que se llevara a cabo el apareamiento. Se sabía que éste era precedido de acercamientos sexuales que duraban un buen cuarto de hora. El cerdo no tiene vesículas para contener el espermatozoide, él lo fabrica extemporáneamente. El ritual se terminaba por un intercambio de saliva entre el cerdo y la marrana, después de lo cual esta última consentía. Para determinar el día del apareamiento fértil, el criador, rico en conocimientos prácticos, aplicaba las manos sobre el dorso de la hembra y se ponía a horcajadas. Reacciones reflejas indicaban el momento propicio; sin embargo una marrana de cada tres no respondía a estas pruebas.

La inseminación artificial y el crecimiento en batería han revuelto estas prácticas y la agronomía ha estudiado sin romanticismo la última caricia (*câlinerie*) del cerdo (los que han visto la escena afirman que la palabra "*câlin*" no

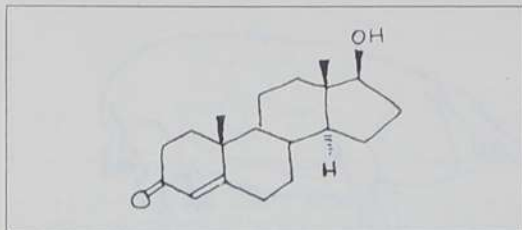


Figura 9. La misma testosterona determina en el embrión femenino una malformación congénita: la virilización de los órganos genitales externos.

es la adecuada). En la saliva se han podido caracterizar y además aislar dos moléculas activas. La composición de éstas es muy cercana a la encontrada en la testosterona. El estudio de su modo de acción ha permitido una curiosa utilización. Estos esteroides pulverizados en la boca de la marrana permiten, prácticamente en todos los casos, hacer aparecer los reflejos del período fértil. El producto se vende en farmacias veterinarias bajo el nombre de "Boar-mate" (apareamiento del cerdo).

Cuando esta historia se cuenta en público, las damas del auditorio confiesan al conferenciante que este género de descubrimientos despierta analogías desagradables. El químico que firma este artículo conviene en ello; sin embargo los resultados de la investigación científica extienden al humano muchas observaciones de este género y permiten a Jean Didier Vincent en la *Biologie des Passions*³ mostrar cómo nuestras conductas se ajustan a los mandatos biológicos, que en gran parte escapan a nuestro conocimiento. La comunicación química en nuestra especie es más delicada para ser explorada, porque ella modifica profundamente algunas de nuestras maneras de pensar. Es cierto que nuestra cultura no acepta ese transporte de información silenciosa e invisible. La expresión "no puedo percibirlo" es muy rara al evocar el olfato en los encuentros humanos. No solamente el proceso escapa a nuestros sentidos, sino que también tenemos reticencias a admitir que nuestras conductas pudieran deberse a mandatos teleguiados que escapan a nuestro libre albedrío... y sin embargo...

Pseudo-hermafroditismo

Todos nosotros hemos leído que las hormonas andrógenas, la testosterona en particular, son responsables de la



Figura 10. Un grupo de modelos parte en gira durante algunos meses; sin saberlo...

masculinización del embrión y actúan sobre éste por medio de mecanismos complejos. Seguro que no se pueden realizar experiencias en este terreno pero, desgraciadamente, la naturaleza nos ofrece algunas veces condiciones casi experimentales. En la hiperplasia de las suprarrenales, el feto femenino es sometido, por razones congénitas, a un exceso de hormonas andrógenas. En consecuencia, inevitablemente, se pudiera decir mecánicamente, esta agresión entraña la virilización de los órganos genitales externos, el aparato masculino se desarrolla y al momento del nacimiento son necesarios una intervención quirúrgica extensa seguida de un reequilibrio hormonal para tratar de reencontrar la personalidad de la paciente. La responsabilidad de los mandatos químicos en esta masculinización se pone claramente en evidencia. Se utiliza aquí el término de pseudo-hermafroditismo porque en el verdadero hermafrodita, como por ejemplo en el caso del caracol, una misma glándula produce los gametos masculinos y femeninos, lo que aquí no es el caso. En Francia la frecuencia de esta malformación es del orden de un nacimiento sobre cinco mil, una centena de casos anualmente. En este terreno la investigación lleva a la necesidad descubrir lo antes posible la amenaza de ambigüedad sexual en los casos donde se teme esta malformación.

Ante estos hechos, podemos interrogarnos sobre lo que consideramos como normal en cada uno de nosotros. Esto cubre una infinita variación de influencia hormonal y, en estas condiciones, ¿dónde comienza lo anormal? Cada vez más emerge una conexión fuerte entre genética



y comportamiento a partir de conocimientos nuevos. Se hace indispensable una confrontación sobre estos temas con otros dominios del saber (filosofía, sociología, historia, política...) .

Sincronía menstrual

Se sabe desde hace mucho tiempo que cuando un grupo de mujeres vive conjuntamente en forma cercana, aparece un fenómeno de sincronía menstrual. El fenómeno puede ser observado en los dormitorios del liceo, las familias entre madres e hijas, las modelos en los talleres de moda, las comunidades religiosas... Antes de que se forme un grupo, las mujeres tienen ciclos dispersos durante el mes y después de unas quince semanas de vida en común los ciclos tienden a coincidir en un período de algunos días. Se han hecho experiencias para demostrar la realidad del fenómeno y tratar de descubrir su origen. Con la guía de naturalistas que han encontrado fenómenos semejantes entre

los mamíferos, los investigadores han enfocado su atención en el sudor axilar.

Un grupo de mujeres con ciclo menstrual regular, definido por 29 más o menos dos días, sirvió de donador. Estas damas registraron cuidadosamente las fechas de las reglas y recogieron en algodones el sudor axilar tres veces por semana durante tres ciclos menstruales completos. Se agruparon las muestras: las recibidas durante los tres días siguientes a las reglas, después las recolectadas durante los días 4, 5, 6, los días 7, 8, 9 y así sucesivamente. Se forman así diez conjuntos de muestras de sudor axilar, cada uno obtenido por periodos sucesivos de tres días y provenientes de donadoras diferentes. Con cada uno se prepararon soluciones alcohólicas del sudor recibido.

La segunda parte del experimento consistió en hacer inhalar estos extractos a intervalo de algunos días a diez damas con ciclos menstruales regulares, pero dispersos en el mes. Se ha constatado que después de un período de diez a trece semanas, el calendario de los ciclos se ha desplazado hacia aquél de las soluciones pilotos. Se concluye que existe una o más sustancias en las glándulas axilares que son producidas de manera cíclica que imponen el ritmo menstrual. Por supuesto, los grupos estudiados incluyen testigos a los cuales se aplicaron soluciones alcohólicas vírgenes; éstos no sufren ninguna modificación de ciclo, lo que valida el experimento.

Nosotros, los hombres, no debemos sentirnos celosos, ya que también sufrimos alguna influencia por llevar una vida en común con una dama. Nuestro sudor axilar contiene moléculas de regulación capaces de normalizar el ciclo menstrual de mujeres que tienen ritmos regulares diferentes a los de la mayoría (menos de 26 o más de 32 días). Se sabe que el ciclo menstrual es sometido a múltiples factores, fatiga, enfermedad, choques emocionales... pero en circunstancias particulares es claramente piloteado por comunicación química. Los químicos se muestran impacientes por conocer el nombre y la naturaleza de las moléculas que componen la mezcla. En un artículo que acaba de aparecer⁴ por lo menos 35 de estos compuestos se caracterizaron. Este resultado ilustra cómo la investigación es ingrata, porque 35 es demasiado. En efecto aun si se sabe que el ácido (E)-3-metil-2-hexenoico es el compuesto más abundante, descubrir el cocktail que pilota efectivamente el ciclo menstrual se convierte en una etapa nueva y difícil. Más

aún si se sabe que en esta mezcla se encuentran las feromonas que permiten al recién nacido reconocer su madres desde los primeros días de su existencia... puede ser también el olor el que atraerá sobre usted al mosquito que lo va a picar.

En conclusión...

En unos quince ejemplos elegidos entre cientos, unos más interesantes que los otros, hemos mostrado que la comunicación química es inseparable del ser vivo. Este modo de transferir las informaciones está presente por todos lados, desde los seres monocelulares más arcaicos, hasta la especie humana. En este terreno la comunidad científica ha adquirido sus conocimientos estudiando modelos extremadamente diferentes. Esta observación se ilustra con las palabras que designan el mensajero químico: feromona, hormona, factor de crecimiento o de diferenciación, neurotransmisor. Un hilo conductor se desenreda mientras tanto: la transferencia de información por medio de señalización molecular necesaria a partir de la síntesis de la molécula mensajera, su modo de secreción, su transporte aéreo o acuático, después de haber dado en el blanco se encuentran receptores proteicos, una traducción hacia el sistema neuronal, una transformación en señal que finalmente comanda un efecto, una conducta. Cada etapa ha suscitado investigaciones profundas para descubrir que los dispositivos son diversos y complejos. A todos los niveles el biólogo molecular aporta su marca, por ejemplo en el conocimiento de las herramientas que permiten la síntesis de la feromona (enzimas, cofactores, mARN, genes). Estos resultados aportan una luz original a nuestros conocimientos sobre la evolución. Así se han puesto en evidencia recientemente en la abeja doméstica genes que presentan una fuerte similitud con los receptores olfatorios de los vertebrados, informando acerca de la existencia de un gene ancestral común al conjunto de las especies que utilizan la señalización química como medio de comunicación.

Viene la cuestión que para nosotros es la más interesante. ¿Cuál es la importancia de la comunicación química entre los humanos? La sincronía menstrual nos ha mostrado que en todo caso ella está presente. Sin embargo, como las investigaciones en este asunto acaban de comenzar —una treintena de años cuando más— muchos resultados dan lugar a controversia y esto por

una razón simple: mientras nos es fácil comprender y aceptar las conductas estereotipadas en el ratón (ritual de acoplamiento, conductas agresivas o maternales...) y de correlacionarlas con instrucciones químicas bien caracterizadas, tenemos sin embargo una reticencia natural a aceptar que tales mecanismos puedan intervenir en nuestras propias conductas. Justamente en el ratón, la destrucción del gene que codifica para los receptores de la serotonina (un neurotransmisor) conduce a una hiperagresividad. Nosotros poseemos este tipo de receptor, ¿su malformación puede dar origen a conductas anormalmente agresivas de ciertos individuos? Sin prejuzgar a futuro, los científicos exploran todas las influencias de factores olfatorios sobre nuestras conductas y nuestros estados de ánimo, ansiosos, dinámicos, depresivos, eufóricos... Ellos llegan hasta proponer que nuestras selecciones amorosas sean influidas (a nuestra espalda) por las señales olfativas registradas inconscientemente. A este respecto, es intrigante la existencia de dos narices en el hombre, en donde una sería "sexual", el órgano vomeronasal. Los quimiorreceptores de este último son totalmente diferentes de los de nuestro sistema olfatorio principal. Además, las neuronas de los dos sistemas están conectadas con regiones diferentes del cerebro, es decir, engendran reacciones de comportamiento diferentes... Cualquiera que sea, más allá de los mensajes solos de la química, se perfila en curso un tema de investigación claro en su proyecto: la relación entre genética y comportamiento.

¿Qué futuro existe para la comunicación química? Existe en el mundo que nos rodea una gran cantidad de observaciones que plantean preguntas y en las cuales la señalización molecular desempeña un papel. ¿Cuál es la razón de los miedos contagiosos, que se convierten en pánico y que desembocan en huidas colectivas y suicidas de los *lemmings*? ¿Cómo varía la fertilidad de una especie, a largo plazo, en función de las modificaciones del medio? ¿Cómo son reglamentados los porcentajes entre masculino y femenino? ¿Por qué las epidemias más graves atenúan su virulencia? ¿Cómo se modulan las alternancias pacíficas y guerreras de los animales sociales - de las hormigas y de los hombres? A este propósito, es inquietante el aumento de la producción de soldados en hormigueros de la misma especie sometida a competencia⁵.

Sin duda alguna decenas de factores intervienen en la aparición de estos eventos; el futuro nos dirá en qué medida y cómo interviene la información transportada

por los productos químicos y si ésta desempeña un papel en nuestras selecciones amorosas, sobre todo no olvidemos que el olfato es parte integrante del conjunto de otros sistemas que reciben y tratan la información (visión, audición, tacto, magnetismo...). La mariposa macho que remonta el gradiente de olor hacia la hembra no descuida el registro de las imágenes, los sonidos, para utilizar un vuelo errante para aumentar sus oportunidades de sobrevivir. A pesar de todo lo que se escribe cotidianamente, nosotros pensamos que nuestro conocimiento sobre el ser vivo es todavía muy modesto, en vista de su complejidad. ¡El químico se da cuenta de ello cuando trata de leer un libro de 1200 páginas sobre la célula, que tiene un volumen de unos cuantos micrones cúbicos lleno hasta el ras de miles de maquinarias químicas!

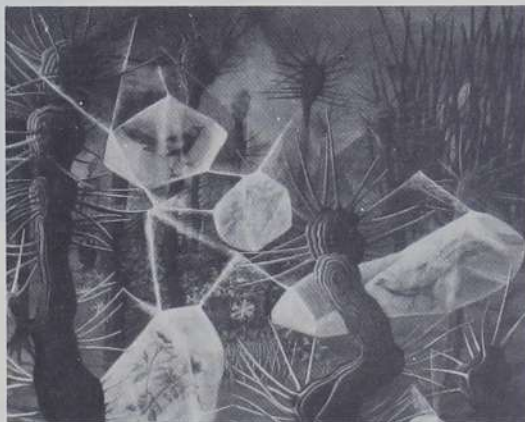
En este sentido, el futuro de los descubrimientos sobre los "olores" nos reserva ciertamente sorpresas asombrosas. Mientras tanto, modesta y útilmente, los guardias forestales utilizan el excremento de perro o los derivados químicos que allí se encuentran, para proteger de los ciervos a las plantaciones jóvenes de robles.

Una historia cautivadora ... que continuará.



Notas

1. R. Contreras y R. Wolf, *Avance y Perspectiva* **14**. 155 (1995).
2. Nota de la traductora.
3. Edit. Odile Jacob (1994).
4. Xiao-Nong Zent y colaboradores (1996).
5. L. Passera, L. Keller y Col., una colaboración entre Toulouse y Lausanne (1996).





El Colegio Nacional

ofrece los títulos de las obras de sus miembros
e invita a visitar su biblioteca

Pablo Rudomín
OBRA CIENTÍFICA I, II, III, IV, V

Beatriz de la Fuente
LA ESCULTURA DE PALENQUE

Gabriel Zaid
OBRAS I Y II

Arturo Rosenblueth
OBRA CIENTÍFICA I, II Y III

Ramón Xirau
DE LA PRESENCIA

Salvador Elizondo
OBRAS I, II Y III

Ignacio Chávez
OBRA COMPLETA

La Memoria de El Colegio Nacional se publica anualmente

Marcos Mazari
HACIA EL TERCER MILENIO

Leopoldo García-Colín
**ENERGÍA AMBIENTE
Y DESARROLLO SUSTENTABLE**
(el caso de México)

Adolfo Martínez Palomo
**OBRAS II: CIENCIA, SALUD Y
DESARROLLO**

Marcos Moshinsky
**OBRAS I: REFLEXIONES SOBRE
EDUCACIÓN, CIENCIA Y SOCIEDAD**

Alfonso Reyes
**MÁS PÁGINAS SOBRE
ALFONSO REYES**
de Alfonso Rangel Guerra



Los arrecifes coralinos de México: consideraciones sobre su manejo

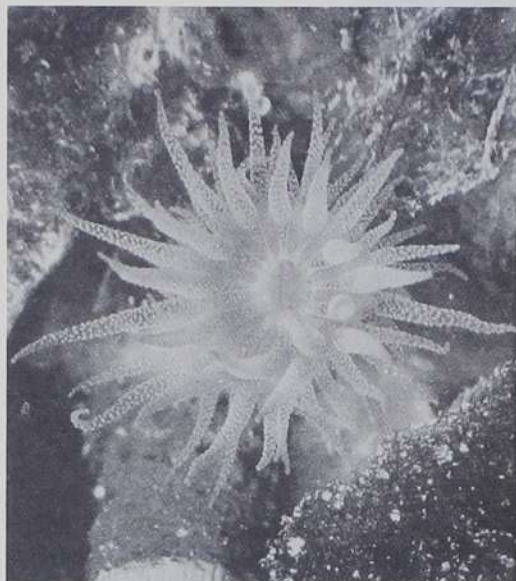
Luis Capurro

El concepto de desarrollo sostenido o sustentable, principio básico de la Conferencia de las Naciones Unidas en Río de Janeiro en 1992, sostiene que debemos dejar suficiente espacio ambiental para que las futuras generaciones puedan referir sus necesidades y concretar sus aspiraciones. Alguien lo ha puesto en términos más contundentes al sugerir que debemos considerar a nuestro planeta como un préstamo de nuestros niños y no como un regalo de nuestros antepasados.

Los arrecifes coralinos constituyen un componente del ecosistema marino cuya importancia ha sido reconocida y su sostenibilidad es tema que ya ha trascendido los niveles de responsabilidad de ciertos cuerpos de gobierno y llegado al más alto nivel del ejecutivo federal. La declaración de 1997 como Año Internacional del Arrecife y la reciente iniciativa del Gran Arrecife Mesoamericano, con participación de México y otros países de Mesoamérica, son pruebas elocuentes de su significancia global.

Los arrecifes coralinos son depósitos masivos de carbonato de calcio contruidos durante siglos por organismos vivos, principalmente corales, con una contribución grande de algas y otros organismos. Las condiciones esenciales para el desarrollo del arrecife son: temperatura del agua superior a 18 °C, profundidad del fondo inferior a 50 m, salinidad constante y buena circulación de agua clara, libre de contaminación. Estas comunidades submarinas se encuentran en regiones ma-

El Dr. Luis Capurro es investigador titular del Departamento de Recursos del Mar de la Unidad Mérida del Cinvestav.



rinas tropicales tales como el Mar Caribe y el Golfo de México. Como los manglares y lagunas costeras, entre otros, los arrecifes coralinos son sistemas naturales productivos que dan lugar a una gama de actividades humanas.

El más conocido y tal vez el más estudiado es la Gran Barrera Arrecifal Coralina que se extiende a lo largo de gran parte del litoral oriental de Australia, a bastante distancia de la costa y que ha generado un fuerte desarrollo económico en esa región del país. Este es el caso que se está dando ahora en el Caribe Mexicano, en la línea de costa del Estado de Quintana Roo, donde el explosivo desarrollo de recreación turística es motivo de satisfacción por un lado y preocupación por otro, dada la fragilidad de esos ecosistemas.

Los arrecifes coralinos de México, en particular los de su litoral caribeño, son un elemento en la economía nacional y en el mantenimiento de estilos locales de vida, así como una parte esencial de la herencia natural del litoral atlántico de Mesoamérica; el mantenerlos saludables y sostenibles podrá asegurar que todo el pueblo mexicano, incluyendo las generaciones futuras, podrá continuar beneficiándose de ellos. Esto es posible conseguirlo a través de una estrategia de manejo efectivo. En este artículo se dará énfasis al sistema arrecifal del Caribe pues está

seriamente amenazado por el impresionante desarrollo turístico.

Ecosistemas arrecifales coralinos

El ecosistema arrecifal coralino es altamente productivo, e importante reservorio de diversidad biológica que mantiene una abundancia de especies de peces e invertebrados. Se ha equiparado en este aspecto con las selvas húmedas tropicales, otro valioso sistema natural globalmente en rápido proceso de destrucción, inclusive en México.

Los beneficios y aportaciones de estos arrecifes coralinos son: (1) proveen amplias y variadas oportunidades recreativas; (2) son hábitats de peces y mariscos comercialmente importantes; (3) protegen a las líneas de costas de una fuerte erosión durante los huracanes y los fuertes oleajes; (4) alimentan a las playas, con la fina arena calcárea coralina y muy probablemente contribuyen a la gran transparencia de sus aguas; (5) generan productos de usos medicinales y farmacéuticos; (6) son hábitats para especies raras o amenazadas; (7) sirven como áreas de crianza de peces juveniles durante su desarrollo temprano, muchos de los cuales eventualmente emigran hacia el mar abierto para reclutarse en cardúmenes comerciales.

La región subtropical de México posee arrecifes coralinos en ambos océanos, el Atlántico y el Pacífico. Debido probablemente a la evolución de sus costas, a las características de las aguas marinas y a la circulación oceánica, estos ecosistemas han adquirido mayor desarrollo y belleza en el Atlántico, en particular en su litoral caribeño, donde son parte de una extensa cadena arrecifal coralina que se extiende desde el Golfo de Honduras, Belice y hasta el estrecho de Yucatán.

Los arrecifes coralinos del Golfo de México y Banco Chinchorro en el Caribe son accidentes aislados a mayores profundidades conocidos como arrecifes de borde, pues se hallan en las proximidades del borde exterior de la plataforma continental aparentemente en buen estado de salud.

La estructura de los arrecifes está compuesta por colonias cuyo tamaño promedio es inferior a los 30 m, y que se van agregando a través de una compleja pero inte-



Figura 1. Estructura de un arrecife coralino del Caribe Mexicano.

ligente trama que asegura una abundante circulación del agua que provee alimento y oxigenación. Esta agregación de colonias es una verdadera obra de ingeniería civil e hidráulica y genera una multiplicidad de hábitats, en cuyo seno mantiene una extraordinaria diversidad de biota — plantas y animales— con todo el cúmulo de interacciones que caracterizan a este complejo y altamente productivo ecosistema.

La parte viva del arrecife es una delgada capa superficial, que es la productora; el resto es una masa muerta cementada que sirve como sustrato a la viviente. Otra característica interesante es que en ecosistemas maduros su elevada producción se consume totalmente y no queda ningún saldo energético para producir más biomasa, es decir para crecer; la energía asimilada de los productores primarios, i.e., fitoplancton, bacteria y detritus, es consumida en las distintas interacciones tróficas de su alta biodiversidad.

Las lagunas arrecifales tienen una función ecológica interesante, puesto que al estar protegidas del oleaje de mar abierto permiten que se genere una cobertura de pastos marinos que, aparte de su contribución como productor primario, retienen sedimentos que podrían afectar al arrecife. Varios trabajos interesantes que tratan con mucho más detalle este tema han sido recopilados por Salazar-Vallejo y González¹.

A medida que continúe el explosivo desarrollo en el litoral caribeño mexicano, las demandas sobre los arrecifes coralinos para el sostenimiento de las pesquerías, el turismo y la investigación aumentarán y se intensificarán los conflictos. Desgraciadamente los beneficios derivados de los arrecifes coralinos son a menudo dejados de lado en el proceso de desarrollo costero; de ahí la necesidad de contar con una estrategia nacional de manejo, que constituirá un mecanismo que permitirá reconocer e incorporar a estos ecosistemas en el proceso de tomar

decisiones concernientes al uso de la zona costera, manejo de las pesquerías y desarrollo turístico.

Muchos de estos arrecifes se están deteriorando por el creciente desarrollo urbano costero; sin embargo, quedan aún algunos de ellos no perturbados. Las amenazas potenciales a su salud son: (1) aumento de la sedimentación y contaminación generada por el uso cambiante del suelo por el *hinterland*; (2) prácticas destructivas de pesca y anclaje de embarcaciones; (3) pisoteo por los buceadores; (4) captura excesiva de peces y mariscos, y (5) daños por tormentas. Estas amenazas de deterioro pueden llevar a su destrucción permanente en ciertas áreas.

Recientemente se ha destacado el papel de la sobreexplotación pesquera en la salud de estos ecosistemas. La reducción de peces herbívoros permite que las algas proliferen, ahoguen el arrecife y lo conviertan en una pradera. Los registros demográficos y pesqueros históricos muestran que durante los siglos XVII y XVIII los pescadores del Caribe eliminaron las tortugas y peces herbívoros de la zona. Los arrecifes de Jamaica pudieron por un tiempo sobrevivir a esa amenaza gracias a los erizos de mar que mantenían a raya a las algas; sin embargo, debido a la acción de dos huracanes y a una epidemia en los años recientes, los erizos desaparecieron y las algas los invadieron. Esto mismo está ocurriendo en todo el Caribe².

Como se ha expresado anteriormente, el sistema más espectacular y más conocido lo constituye la Gran Barrera Arrecifal en la costa oriental de Australia, que tiene una longitud promedio de más de 2,000 km, un ancho de 145 km, una altura de 120 m y que se encuentra a una distancia de la costa que alcanza en algunos lugares más de 200 km. Los arrecifes coralinos del Caribe Mexicano son del tipo mixto, es decir, en algunos lugares son arrecifes de borde y en otros son de barrera. Los de borde están generalmente pegados a la costa o bien separados de ella por una pequeña laguna; los de barrera están más alejados, a una distancia máxima que no sobrepasa los 3 km. Las lagunas son someras, con un fondo de arena fina calcárea y una cobertura de pastos marinos. El ancho del arrecife no sobrepasa los 50 m (Fig. 1).

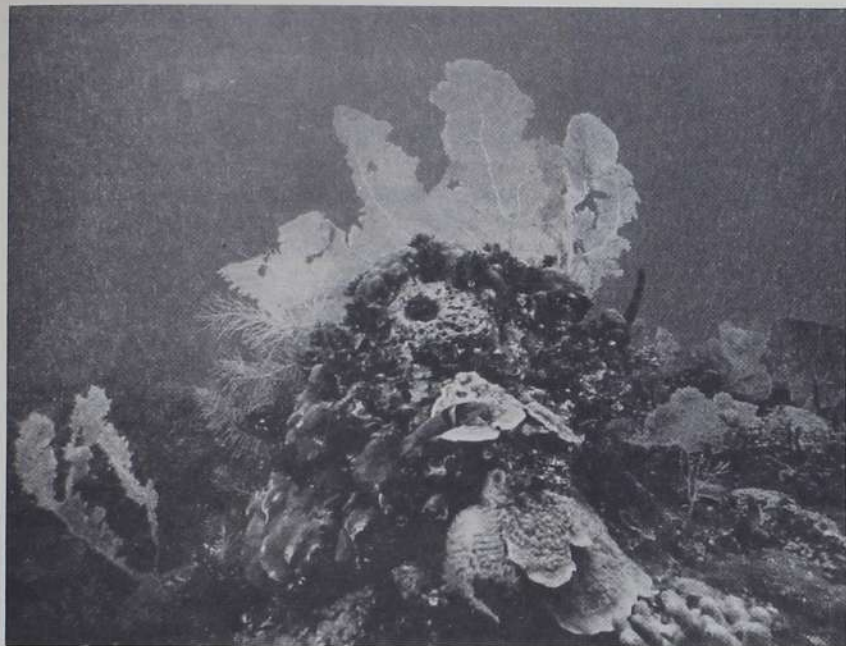
La Barrera Arrecifal Mesoamericana presenta algunas características ambientales que en mi opinión contribuyen en mayor grado a su productividad y estabi-



lidad. Una de ellas es que el ambiente costero de gran parte de la cadena está constituido por un lujurioso mangle íntimamente ligado al arrecife; esto hace que al altamente productivo ecosistema arrecifal se sume el aporte de la producción del ecosistema del manglar y aumente su seguridad por la retención de sedimentos de la intrincada trama de sus raíces, que de lo contrario pudieran sofocar al coral. La otra ventaja ambiental es que el borde exterior del arrecife está bañado por la intensa corriente oceánica de Yucatán que actuando como rompeolas hidráulico mitiga la acción erosiva de las olas y otorga una mayor estabilidad al arrecife mismo y a la línea de costa. La figura 1 ilustra estas características.

Manejo del ecosistema

Uno de los requerimientos básicos de un manejo efectivo de los arrecifes coralinos mexicanos es conocer el funcionamiento del ecosistema, es decir, la ecología, la significancia, los usos y la condición de esos hábitats, así



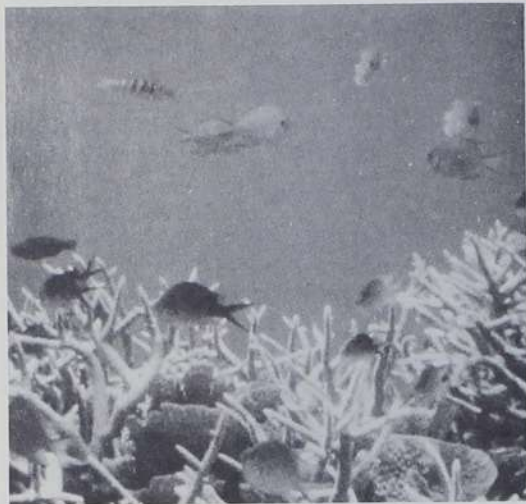
como las actividades humanas que degradan al arrecife. Lograr este conocimiento es una tarea a largo plazo; desgraciadamente el creciente ritmo de su uso por el hombre obliga a adoptar medidas de protección cuya efectividad no se conoce, pero que al menos pretenden aliviar la situación. Esto se conoce como el principio precaucionario de manejo; congruente con este principio, gran parte de los arrecifes mexicanos han sido incorporados dentro del cuadro de reservas de áreas marinas.

Entender el funcionamiento comprensivo del ecosistema es una actividad netamente académica. En el estado actual del arte o de la ciencia, este conocimiento se traduce en la formulación y diseño de un modelo matemático predictivo del comportamiento del sistema natural que permita conocer su reacción ante las diversas actividades humanas, así como sugerir medidas para remediarlas y poder mantener su sostenibilidad. En la jerga ecológica, esto se conoce como el "enfoque de ecosistema" y es un modelo muy complejo de formular de manera cuantitativa, aunque conceptualmente se consideren todas las posibles interacciones que ocurren en el proceso. En ecosistemas tropicales, en particular en arrecifes coralinos, el problema se complica debido a su alta biodiversidad. Poder llegar a diseñar tal modelo –

descontando que se posea un buen conocimiento de la biología del sistema–, implica comenzar con modelos más sencillos, tales como los de balance de flujos energéticos, hidrodinámicos y de procesos, para luego integrarlos en el modelo comprensivo. El modelo ecológico comprensivo más conocido actualmente es el Stella.

Debido a las limitaciones impuestas por las complejidades citadas, que evidentemente afectan la calidad del modelo, se han ido incorporando herramientas estadísticas probabilísticas que permiten asignar probabilidades de éxito a las diferentes opciones de manejo sugeridas por los académicos. Este nuevo enfoque se conoce como la técnica bayesiana, actualmente recomendada en la evaluación de las existencias de peces en las pesquerías.

A pesar de los trabajos pioneros de E. Chávez y E. Jordán desde la década de los años 70, existen muy pocos estudios de los arrecifes coralinos del Caribe Mexicano como para intentar diseñar aun los modelos más sencillos. Estos modelos predictivos se refieren en general a aspectos biológicos y ambientales del ecosistema y no consideran los aspectos socioeconómicos propios de un estudio comprensivo de dicho ecosistema. Existe una creciente



tendencia a incorporar esa componente humana, que constituye una información valiosa para los responsables de la toma de decisiones. Un ejemplo de este enfoque está reflejado en el grupo de manejo de sistemas acuáticos de reciente creación en el Instituto de Acuicultura de la Universidad de Stirling en el Reino Unido, que considera a los sistemas de producción de acuicultura en un contexto más amplio, es decir, como un sistema de recursos que es manipulado para fines de la sociedad por lo que toca a producción de alimentos, ganancias financieras, calidad ecológica, valor estético y necesidades humanas³.

Hasta aquí lo que puede hacer el académico. La decisión de manejo recae ahora en la autoridad responsable de la sostenibilidad del ecosistema. En el mejor de los casos esta autoridad cuenta con las opciones sugeridas por la academia con sus probabilidades de éxito. Las decisiones responden ahora a su criterio y concepción de lo que se entiende por sostenibilidad, reflejada en sus indicadores ecológicos y económicos. Este concepto de sostenibilidad se ha convertido en una interrogante esencial en política ambiental internacional.

Conocer los indicadores y las definiciones operacionales es un requisito para llevar a cabo la sostenibilidad en las decisiones políticas. Si bien la definición general de sostenibilidad adoptada en Río de Janeiro en 1992 involucra todas las áreas del desarrollo

económico, ecológico y social, se han derivado reglas e indicadores de manejo básicos que caracterizan el uso sustentable de los ecosistemas. Estas reglas y estos indicadores enfatizan, además, la identificación de los principales elementos del capital natural, sus funciones económicas y el concepto de definir y medir el desarrollo sostenido en dos categorías: sostenibilidad débil y fuerte^{4,5}. Los expertos en economía de los recursos naturales destacan la necesidad de utilizar enfoques biofísicos para explorar las implicaciones de los principios ecológicos y termodinámicos básicos y usar indicadores robustos de sensibilidad, específicamente para las cargas y niveles críticos. Estos conceptos tienen especial relevancia en el manejo de los arrecifes coralinos caribeños sometidos a un explosivo desarrollo turístico.

Llega ahora la etapa de la aplicación de las normas de manejo. La experiencia en este aspecto operativo es amplia y conflictiva. Los resultados obtenidos en pesquerías, parques nacionales y ambientes costeros han mostrado que el mejor guardián del ecosistema y de la aplicación de las disposiciones de manejo, es la comunidad que lo ocupa. Esta conclusión tiene una tremenda lógica, pero requiere de una sólida educación ambiental de todos los miembros de la comunidad, en todos los niveles sociales. Esta tarea debe ser promovida y ejecutada por las autoridades gubernamentales, privadas y servicios de extensión universitaria.

Las conclusiones a las que se puede llegar a partir de las reflexiones presentadas, se sintetizan en los siguientes puntos:

- (1) Los arrecifes coralinos son ecosistemas costeros de importancia socioeconómica para el país, en particular para el Estado de Quintana Roo.
- (2) Estos ecosistemas están siendo sometidos a considerable presión que afecta su sostenibilidad. Es ineludible y urgente formular una estrategia de manejo.
- (3) Las políticas que no consideran o que subestiman el valor de la ciencia y del conocimiento mostrarán sus debilidades a lo largo del tiempo. En realidad, no existe ninguna otra razón para tomar decisiones políticas sanas que la mejor evidencia científica disponible. Esto es fundamental en especial en el

manejo de ecosistemas marinos, incluyendo sus diferentes usos, recursos naturales y protección ambiental. Si se cuestionan los hechos y las evidencias científicas, la reparación del trabajo de la naturaleza será enormemente costosa, o tal vez imposible.

- (4) Se debe estimular y apoyar la investigación científica para conocer el funcionamiento de estos ecosistemas en su estado natural y en distintos escenarios antropogénicos para que se puedan sugerir distintas opciones de manejo. Para el logro de este objetivo es urgente caracterizar y determinar las líneas de base ecológicas. Es impostergable la creación de un banco de datos.
- (5) El manejo de los arrecifes coralinos debe basarse en el respeto a sus diferentes valores ecológicos y socioeconómicos a fin de mantener el equilibrio de sus usos.
- (6) Las propias comunidades humanas son los mejores guardianes de la salud de los ecosistemas. La educación ambiental es un requerimiento ineludible e impostergable.
- (7) La confección de modelos predictivos es una tarea que toma tiempo y energía. No es conveniente esperar a contar con ellos a corto plazo. Mientras tanto se debe aplicar el principio precaucionario; el declarar a los arrecifes coralinos parques nacionales es una aplicación de este principio.
- (8) Una prueba evidente de lo que se ha manifestado es el manejo de las pesquerías. La historia reciente está llena de ejemplos de cómo la sobre explotación de peces ha llevado al colapso de importantes pesquerías. Esto se ha debido a una combinación de información científica inadecuada sobre la abundancia de la existencia de peces y las capturas recomendadas, la regulación insuficiente elaborada por los gobiernos sobre la conducción de las pesquerías y las cuotas permitidas, y por la competencia internacional en el acceso a los recursos, a menudo realizada desafiando la ley internacional.

La Unidad Mérida del Cinvestav ha sido creada para llevar a cabo investigación científica y técnica que apunte

a mejorar la calidad de vida de la región, incluyendo la formación de recursos humanos de alto nivel. Su ubicación geográfica en una península le ha otorgado desde sus comienzos una vocación marina. Uno de los objetivos básicos a corto, mediano y largo plazo es comprender el comportamiento del ambiente costero peninsular; con ello se proveerán las bases científicas para el manejo de dicho ambiente, incluyendo su *hinterland*. En tal sentido se ha generado considerable información científica sobre el tema y se continúa en este esfuerzo. Existen numerosos proyectos de investigación científica, tesis de posgrado y de extensión universitaria que cubren los aspectos ecológicos, económicos y sociales. Independientemente de la responsabilidad académica inherente a esta actividad y de la satisfacción que brinda, la idea central del esfuerzo es la sostenibilidad de los ecosistemas costeros, incluyendo su *hinterland* a través de diferentes opciones de manejo y un vigoroso programa de educación ambiental a todos los niveles de la sociedad⁵.

En el caso específico de este trabajo, se desea destacar la considerable experiencia existente en el manejo de la Gran Barrera Arrecifal de Australia y la concepción de un ejercicio llevado a cabo por Tailandia en el manejo de sus arrecifes coralinos en el Golfo de Tailandia y Mar de Andamán que responde a una problemática peninsular similar a la nuestra⁶.

Por último, y como un aspecto a considerar a más largo plazo, se llama la atención al hecho de que los ecosistemas más amenazados por las implicaciones de un probable calentamiento de la atmósfera terrestre y un ascenso acelerado del nivel del mar son los ecosistemas arrecifales coralinos y de manglares, que son los característicos del ambiente costero de la Península de Yucatán. Esto no ha causado preocupación a muchos expertos en el tema, quienes afirman que cuando los arrecifes deban lidiar con ese problema, ya estarán de todas maneras muertos.

La necesidad de una estrategia de manejo y su rápida aplicación no puede ser subestimada.



Notas

1. S. I. Salazar-Vallejo y N. E. González, eds. *Biodiversidad marina y costera de México* (CONABIO y CIQRO, 1993) p. 865.

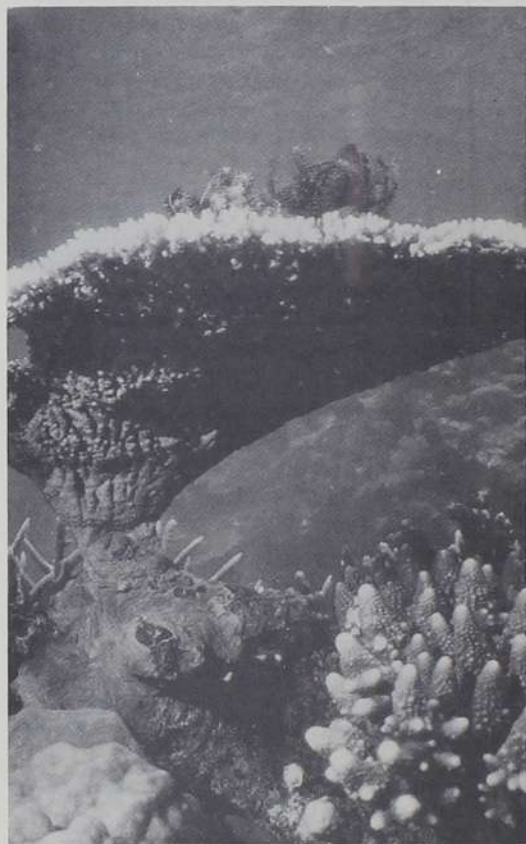
2. E. Pennisi, *Brighter prospects for the world's coral reefs*, *Science* **277**, 491 (1997).

3. J. Muir, *Aquaculture News* (Univ. Stirling, Reino Unido, junio/97).

4. K. Rennings y H. Wiggering, "Steps towards indicators of sustainable development - linking economic and ecological concepts", *Ecological Economics* **20**, 25 (1997).

5. M. Wackemegel y W. E. Rees, "Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: economics from an ecological footprint perspective", *Ecological Economics* **20**, 3 (1997).

6. *Thailand Coastal Resources Management Project, A national coral reef strategy for Thailand*, Vol. 1 (1991- 1993).

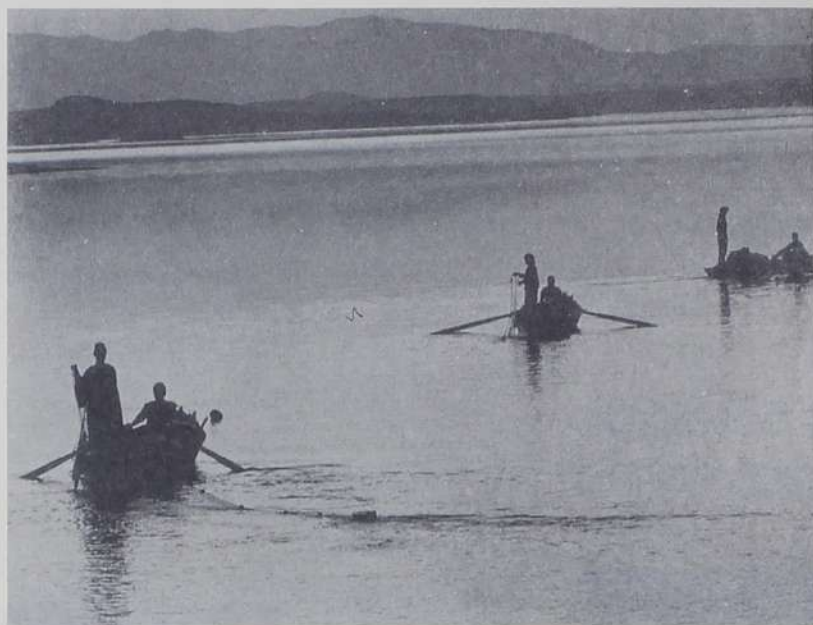


XV años del posgrado en biología marina

Dalila Aldana Aranda

El posgrado en biología marina de la Unidad Mérida del Cinvestav cumplió 15 años con el ingreso de la generación de alumnos 1996-1998. Nació en mayo de 1982 con el programa de Maestría en Ciencias en la especialidad de biología marina, con el objetivo de formar profesionistas en el uso adecuado y aprovechamiento racional de los recursos naturales de la Península de Yucatán. Por lo que respecta al programa de doctorado, cumplirá su primera década de vida con la promoción 1996-1999. El nacimiento de ambos programas en su momento fue criticado por los evaluadores académicos del comité de posgrado del CONACyT. El de maestría, por estar respaldado en aquel entonces por 3 doctores, 4 maestros en ciencias y 2 con licenciatura. El programa doctoral por haber arrancado con un colegio de 21 maestros en ciencias y 5 doctores. Por lo anterior, el doctorado se abrió como un programa interno, en el que se formó una parte de su personal y otros salieron a otras instituciones a preparar su doctorado. Los recursos humanos que se han formado desde la creación del posgrado hasta julio de 1997, son 82 maestros en ciencias y 7 doctores, con una planta de 21 profesores, donde el 86% tiene el doctorado y 62% son miembros del SNI. Este colegio es hoy en día uno de los más consolidados con respecto a los cuerpos colegiados de otras instituciones en el área de las ciencias marinas.

La Dra. Dalila Aldana Aranda es investigadora titular del Departamento de Recursos del Mar de la Unidad Mérida del Cinvestav.



Planta académica

Los programas de posgrado del Departamento de Recursos del Mar se apoyan en el quehacer científico y docente de 18 doctores y 3 maestros en ciencias. En la tabla 1 se observa, según el tiempo de trabajo en el Cinvestav, que se trata de una plantilla de académicos maduros.

La edad promedio del profesorado es de 41.3 años, con un promedio total de 10.2 publicaciones por investigador. En relación a la edad laboral, va de 6 meses a 15 años, con un promedio de aproximadamente 8 años. El 40% de los investigadores tiene una antigüedad de 11 a 15 años, 30% de los profesores de 6 a 10 años y el resto de 6 meses a 5 años. Así, 75% de los académicos tiene más de 5 años laborando en el departamento, por lo que se trata de un colegio que ha superado el tiempo necesario de adaptación, instalación y generación de una infraestructura física que permite el desarrollo de las diferentes investigaciones que se cultivan hoy en día en el departamento. Gran parte de esta infraestructura es única en la Península de Yucatán e incluso en el sureste de México.

Por categoría académica, los investigadores del departamento se ubican entre investigador Cinvestav 1a

y 3d, estando el promedio de todos los profesores de este colegio en 2c. El 35% de los investigadores son titulares, 45% adjuntos y 20% auxiliares. Los integrantes del departamento no alcanzan aún los niveles de más alta productividad e impacto científico, si se toma como referencia que ninguno de los investigadores son Nivel II o III del SNI, o categoría 3e o 3f del Cinvestav. Sin embargo, el promedio de su productividad corresponde a los valores de referencia del SNI (publicados por CONACYT en 1994). Estos indicadores señalan que la edad promedio de los candidatos a investigador en el área biológica, biomédica y de ciencias químicas es de 34 años con un número total de 4.5 publicaciones y para el nivel I, la edad promedio es de 43 años con un número total de 13.2 publicaciones. Para el nivel II, 49 años y 34.2 publicaciones y para el nivel III, 56 años y 73.8 publicaciones.

La edad laboral, categoría académica y frecuencia en las promociones obtenidas por cada uno de los investigadores del Departamento de Recursos del Mar están indicados en la tabla 2. Las categorías de los investigadores fueron numeradas de la siguiente manera: 1a=1, 1b=2, 1c=3, 2a=4, 2b=5, 2c=6, 3a=7, 3b=8, 3c=9 y 3d=10. En la última década el promedio de categorías para el conjunto de profesores ha estado entre

Tabla 1. Para cada profesor se indica su edad laboral, grado académico, categoría académica y pertenencia al SNI en nivel 1(1) o candidato a investigador (C).

Profesor	tiempo laboral (años)	grado académico	categoría académica	Nivel SNI:
1	15	doctor	3b	1
2	14	doctor	3d	-
3	11	doctor	2a	-
4	11	doctor	3a	1
5	11	doctor	2c	-
6	11	doctor	2c	-
7	11	doctor	3b	1
8	11	m. en c.	1a	-
9	10	doctor	3b	1
10	9	doctor	3a	1
11	9	doctor	2a	-
12	9	m. en c.	1c	-
13	7	doctor	2c	1
14	6	m. en c.	1c	-
15	5	doctor	3a	1
16	3	doctor	2c	1
17	2	doctor	2b	C
18	2	doctor	3a	1
19	1.5	doctor	2c	C
20	1	doctor	2c	1
21	1	doctor	2c	1
Promedio	7.97	86%	2c	62%

1c en 1986 y 2c en 1996. Un aspecto interesante de esta tabla es que en el primer lustro se contrató principalmente personal con un nivel no mayor a 1a, para 1985 era de 1c, y en el último quinquenio los investigadores contratados han tenido niveles superiores. Por otra parte el personal ya contratado se ha ido promoviendo: el promedio para 1996 es de 2c. A iniciativa del propio colegio, se ha fijado como mínimo para nuevas contrataciones el nivel de 2b, y para futuras contrataciones se estimulará el hecho de que el candidato cuente con experiencia posdoctoral. Si estos elementos pudieran resultar triviales para otras áreas de las ciencias biológicas, no lo son de ninguna manera en ciencias marinas, cuyo desarrollo en México es aún reciente. La primera institución en cultivar esta disciplina con una

componente científica es el Instituto de Ciencias Marinas y Limnología (ICMyL) de la UNAM, que se fundó en 1976. Hace 2 décadas el número de doctores en ciencias marinas en México era limitado. Como ejemplo, el SNI en 1985 tenía sólo 18 investigadores en ciencias marinas, en 1990 tenía 57 y en 1995 casi 100. Si bien el número ha aumentado 5 veces es claro que resulta aún insuficiente para atender las necesidades de nuestro país en manejo racional de recursos naturales renovables, para su cultivo o para el estudio ecológico de los ecosistemas.

Infraestructura de investigación

El Departamento de Recursos del Mar desarrolla 16 líneas de investigación y cuenta con los siguientes laboratorios en cuyos núcleos se realizan las tesis de posgrado de maestría y de doctorado: química marina, plancton, productividad primaria, ficología aplicada, nutrición acuícola, parasitología, cultivo de anfibios, biología marina experimental, ictiología aplicada, bentos, necton, geoquímica marina, percepción remota, biología pesquera y economía pesquera. Otros dos laboratorios serán instrumentados en la medida de la disponibilidad de fondos institucionales: corales y ecología de ecosistemas de arrecifes coralinos. El dinamismo y el profesionalismo de los investigadores de nuestro departamento se han reflejado en el hecho de que para el período de 1990 a 1995 se ha creado el 70% del total de sus laboratorios. El espacio físico acondicionado como laboratorios y áreas de trabajo del departamento es de 1974 m² lo que representa una media de 94 m²/profesor. La mitad de los investigadores del departamento cuenta con 32 m², 30% tiene 78 m², 10% 150 m² y el otro 10% más de 150 m². A primera vista esta área promedio pudiera parecer suficiente, sin embargo no lo es para el tipo de trabajo que realizan los investigadores, en la medida que se requiere de circuitos de acuarios para mantener las diversas especies que son acuáticas, sujetos de las investigaciones. La propia situación geográfica de la Unidad Mérida, en esta ciudad, resulta en ocasiones una limitante al tipo de trabajo que se va a realizar en la medida que no se tiene acceso directo al agua marina. Así investigadores y directores han realizado gestiones para conseguir un terreno en la costa de Yucatán y tener ahí una estación marina, la cual serviría en primera instancia a los investigadores de la Unidad Mérida pero también a otros investigadores del Cinvestav.

Tabla 2. Para cada profesor se indican los años de labor profesional en el Departamento de Recursos del Mar, la categoría del investigador para cada año.

Profesor	año	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
1	15	2	3	3	5	5	5	5	6	6	8	8	8
2	14	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	10
3	12	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3
4	11	2	2	2	2	2	4	4	4	7	7	7	7
5	11	2	2	2	2	2	2	2	2	2	6	6	6
6	11	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	11	1	1	3	4	4	4	7	7	7	8	8	8
8	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	10		4	4	6	6	7	7	7	8	8	8	8
10	9			4	4	4	4	4	4	4	7	7	7
11	9			1	1	2	2	2	2	2	4	4	4
12	9			1	1	1	2	2	3	3	3	3	3
13	7					1	1	1	1	1	6	6	6
14	6						3	3	3	3	3	3	3
15	5						5	5	6	6	7	7	7
16	3									6	6	6	6
17	2										5	5	5
18	2										7	7	7
19	2										6	6	6
20	1										6	6	6
Promedio	7.97	3.1	3.3	3.2	3.6	3.5	3.8	4.0	4.2	4.6	5.6	5.8	5.9
		1c	1c	1c	1c	1c	1c	2a	2a	2a	2b	2b	2c

La infraestructura en equipo para estos laboratorios también ha sido el fruto de múltiples apoyos financieros que han obtenido sus investigadores. Para el período de 1980 a 1992, se llevaron a cabo 102 proyectos de investigación, los cuales fueron aprobados y financiados por 14 organismos con un monto total de más de 5 millones de pesos: 37% de esos proyectos fueron financiados por CONACYT y el resto por diferentes organismos internacionales, gobiernos estatales y secretarías de gobierno.

No existe en nuestra institución una infraestructura de embarcaciones para trabajar en la costa pesquera de mediana altura ni acceso regular a los buques oceanográficos. La alta calidad del trabajo realizado por

los investigadores del Cinvestav en estas disciplinas debe permitir a los directivos de nuestra institución realizar las gestiones necesarias ante CONACYT o las secretarías de estado del Medio Ambiente y Educación para tener una embarcación permanente y contar con los fondos necesarios para su operación.

Personal de apoyo

El departamento cuenta con 24 auxiliares de investigación y 9 técnicos, lo que representa una media de 1.6 de personal de apoyo por investigador; pero resulta necesario la contratación de más técnicos especializados para atender satisfactoriamente el trabajo de laboratorio y sobre todo de campo que se realiza en las diferentes líneas de investigación. Se requiere una media de dos auxiliares por investigador, para atender y realizar de manera adecuada y eficiente el trabajo biológico marino, acuícola y ecológico-pesquero que desarrollan los investigadores de este departamento.

Cursos impartidos

El programa de posgrado en biología marina incluye una cartelera de 6 materias obligatorias que suman 33 créditos y 21 materias optativas, para cubrir los 59 créditos que marca este posgrado. Las materias optativas son cursos altamente especializados, la mayoría de ellos diseñados por el investigador en base a su propia línea de investigación y experiencia adquirida en su trabajo, por lo que son sumamente atractivos para alumnos propios y para los de otras instituciones nacionales y de América Latina. Además, a través de las acciones de cooperación con que cuentan los profesores de este departamento, se imparten de manera periódica cursos intensivos con una duración de 20 a 40 horas con profesores de instituciones europeas, de Estados Unidos y América Latina.

Formación de recursos humanos

En el período de 1992 a 1995 se graduaron en todo el Cinvestav en las cuatro áreas: 511 estudiantes a nivel de maestría y 114 estudiantes con doctorado, para hacer un total de 625 posgraduados en los 19 departamentos y en los 30 programas diferentes de posgrado que se ofrecen

en nuestra institución. El número de graduados por el Departamento de Recursos del Mar es analizado en el contexto de los 30 programas de posgrado de los 19 departamentos del Cinvestav, del área biológica y entre las 3 unidades de provincia del Cinvestav.

Del total de graduados en los 30 programas de posgrado para el período analizado en este trabajo, el programa de Biología Marina graduó 27 maestros en ciencias (5.28%) y 7 doctores (6.14%). Matemática Educativa e Ingeniería Eléctrica tienen un número de graduados de maestros en ciencias muy superior al de los otros 28 programas: 115 (22.5%) y 92 (18.5%) respectivamente. El porcentaje de los otros 28 programas varía entre 0.39 y 7.63. El posgrado de biología marina ocupó el 4º lugar general de graduados en relación al total de programas a nivel de maestría.

Por lo que respecta a los programas de doctorado, el Cinvestav ofrece 22 programas diferentes; de los cuales el de Ciencias Marinas graduó al 6.14% (7 graduados) del total. El mayor número de doctores se formó en el posgrado de Física con 19 graduados (16.6%), seguido de Biotecnología de Plantas y Farmacología cada uno de ellos con 12 graduados (10.5%). El programa de doctorado en Ciencias Marinas ocupó el 5º lugar por el número de graduados en relación al total de programas de doctorado.

Estas posiciones son importantes dada la edad del departamento y de sus programas de posgrado, resultando éstos competitivos dentro del propio Cinvestav (tabla 3).

Por las características del trabajo del Departamento de Recursos del Mar, se realiza una comparación en el contexto del área biológica del Cinvestav. En la tabla 3 se observa que el 18.75% de los graduados en maestría y 8.96% de doctorado corresponden al Departamento de Recursos del Mar, ocupando así el primer lugar de graduados a nivel de maestría del área biológica de todo el Cinvestav y el 5º lugar a nivel de doctorado. Los departamentos de Farmacología, Biotecnología de Plantas y Fisiología gradúan al 60% de los doctores. El Departamento de Recursos del Mar tiene que hacer un esfuerzo para incrementar a corto plazo la formación de nuevos doctores. Dos de los elementos para conseguirlo ya se tienen: un colegio de profesores con casi el 100% de doctores y prácticamente cada uno de éstos con un espacio físico e infraestructura en equipo para realizar su

trabajo de investigación. Sin embargo se requiere reforzar la contratación de auxiliares de investigación.

El factor de descentralización de las instituciones juega un papel cada vez más importante en las políticas educativas y científicas del país. Estos núcleos de desarrollo son de gran importancia en las regiones de la República Mexicana donde se instauran, como es el caso del Departamento de Recursos del Mar, y constituyen una fuente generadora de recursos humanos para el sureste de México en ciencias marinas. Sin embargo, crear ciencia en provincia tiene todavía sus limitantes. Al comparar el número de graduados para maestría y doctorado entre las 3 unidades de provincia, independientemente de la especialidad, la Unidad Mérida tiene el mayor número de graduados a nivel de maestría (40.2%), pero no en el doctorado, siendo la Unidad Irapuato la principal formadora de doctores (63%). Es interesante resaltar que la edad de las unidades Irapuato y Mérida es muy similar; sin embargo, la primera ha tenido un avance mayor, no solamente debido a la excelente calidad de sus investigadores, sino también por haber tenido la posibilidad de iniciar sus actividades con algunos investigadores ya consolidados en la institución, situación que no se dio en la Unidad Mérida, en virtud de que las disciplinas de biología marina no existían en el Cinvestav.

Biología marina en México

En las tablas 4 y 5 se presentan datos sobre otras instituciones donde se llevan a cabo estudios de ciencias marinas en México, su planta académica, su productividad y el número de posgraduados formados en dos períodos, desde su creación a 1992 y de 1993 a 1995.

Se han graduado 513 estudiantes (453 maestros y 60 doctores) en México en las distintas disciplinas de las ciencias marinas, a partir de la creación de los posgrados en cada una de las instituciones señaladas en la tabla 5 hasta 1995. Independientemente del año de creación de los posgrados, la institución que ha formado el mayor número de doctores es el ICMYL con el 65%. Por lo que respecta a maestros en ciencias la institución que ha graduado el mayor número es la UABC con 136 alumnos, lo que representa el 30% del total.

Si se analiza el número de graduados por año para cada una de estas instituciones, tomando ahora en cuenta

Tabla 3. Recursos humanos graduados en los diferentes programas de posgrado para el período 1992 a 1995 en el Cinvestav.

Posgrado				
Ciencias exactas	Maestros	Porcentaje	Doctores	Porcentaje
Física aplicada	6	1.2	1	0.88
Física	39	7.6	19	16.6
Matemáticas	18	3.5	2	1.7
Fisicoquímica	4	0.78	0	0
Química orgánica	10	1.9	9	7.9
Química inorgánica	0	0	2	1.7
Ciencias biológicas y de la salud				
Biofísica	0	0	2	1.7
Biología celular	19	3.7	5	4.4
Biología marina	27	5.3	0	0
Biología molecular	7	1.4	4	3.5
Biología vegetal	13	2.5	0	0
Bioquímica	11	2.2	4	3.5
Biotechnología de plantas	9	1.9	12	10.5
Ciencias marinas	0	0	7	6.1
Farmacología	13	2.5	12	10.5
Fisiología	11	2.2	3	2.6
Fisiología y biofísica	2	0.4	3	2.6
Genética	1	0.2	0	0
Genética y biología molecular	10	1.9	3	2.6
Neurociencias	0	0	5	4.4
Patología experimental	14	2.7	5	4.4
Toxicología	7	1.4	3	2.6
Tecnologías y Ciencias de la Ingeniería				
Bioelectrónica	11	2.2	0	0
Bioingeniería	4	0.7	0	0
Biotechnología	22	4.3	0	0
Ingeniería eléctrica	92	18.0	5	4.6
Metallurgia no ferrosa	27	5.2	0	0
Ciencias Sociales y Humanas				
Investigaciones educativas	19	3.8	1	0.9
Matemática educativa	115	22.6	7	6.3
Metodología y teoría de la ciencia	0	0	1	0.9
	511		114	

Tabla 4. Planta académica de cinco instituciones que ofrecen el posgrado en ciencias marinas en México.¹

Planta docente	ICMyL	CINVESTAV	UABC	CICESE	CICIMAR
Año de creación	1976	1982	1989	1978	1978
Académicos	34	21	29	49	70
Doctores	28	18	12	17	7
Maestros	6	3	17	10	34
Membresía SNI %	80	63	48	75	42

Tabla 5. Número de alumnos inscritos de nuevo ingreso y reingreso (indicado entre paréntesis) y número de alumnos graduados con maestría y doctorado (indicado en carácter graso) en cinco instituciones de posgrado en ciencias marinas en México.²

	ICMyL		CINVESTAV		UABC		CICESE		CICIMAR	
	D	M	D	M	D	M	D	M	DM	
1993	2 (14)	8(40)	3 (7)	7(25)	0 (10)	16(85)	0 (23)	18 (72)	0 (0)	8(66)
1994	0 (18)	2(36)	1 (8)	6(30)	4 (17)	64(42)	4 (24)	19(70)	0 (0)	5 (71)
1995	3 (12)	4(33)	0 (7)	3(43)	1 (21)	9(45)	4 (33)	21(57)	0 (0)	15 (81)
Subtotal graduados 93-95	5	14	4	16	5	89	8	58	0	28
Subtotal graduados hasta 1992	34	32	2	51	0	9	1	72	0	45
Total graduados hasta 1995	39	46	7	67	5	98	9	130	0	73
Total inscritos de 93-95	44	109	22	98	48	172	80	199	0	218
Graduados año	2.05	2.4	1.0	5.2	0.7	19.4	0.52	7.6	0	4.3

el año de su creación, se tiene que el más alto nivel de formación de doctores es nuevamente para el ICMyL con 2 por año. En relación a los maestros en ciencias: el primer lugar lo tiene la UABC con 19 graduados por año; el Cinvestav ocupa el tercer lugar con casi 4 veces menos de graduados (5 graduados por año).

Al analizar los periodos de la creación del posgrado en cada institución a 1992 y de 1993 a 1995, se observa

un cambio en la formación de graduados por las instituciones indicadas: el Cinvestav deja de ser la segunda institución formadora de nuevos recursos humanos para el primer periodo, para pasar al 4º lugar en el periodo 93 a 95. Un elemento que es importante señalar es el número de estudiantes que están reclutando por ejemplo la UABC, el CICESE o el CICIMAR, que es 3 a 5 veces mayor en relación al número de estudiantes que recibe el Departamento de Recursos del Mar del Cinvestav. La

ventaja que tienen estas instituciones es que en las dos últimas se imparten licenciaturas orientadas a las ciencias marinas con mucha tradición (oceanólogo y biólogo marino). Otra ventaja es que la región noroccidental de México tiene una excelente infraestructura para realizar investigaciones en diferentes áreas de las ciencias marinas. El semillero de estudiantes a nivel de licenciatura que tienen los posgrados de la región noroccidental de nuestro país no existe en Yucatán, por lo que resulta necesario realizar un programa amplio de difusión de nuestro posgrado en toda la República, a fin de captar un mayor número de estudiantes de licenciatura y maestría con preparación adecuada para realizar sus estudios en nuestros posgrados: biología marina (maestría) y ciencias marinas (doctorado). A nivel doctorado el número de alumnos inscritos que tiene Cinvestav es aún bajo, por lo que debe incrementarse al menos a un estudiante por cada doctor, ya que actualmente el colegio de profesores del Departamento de Recursos del Mar tiene madurez para atender satisfactoriamente a este número de estudiantes. El Cinvestav puede ser una institución líder en el área del Golfo de México y el Mar Caribe en su sentido más amplio, por lo que el esfuerzo que se haga para consolidar su infraestructura física y humana será una excelente inversión en materia de educación superior e investigación para México.

Agradecemos al Departamento de Servicios Escolares por los datos que nos proporcionaron sobre el período 1993-1995. A todos los profesores, personal de apoyo y estudiantes del Departamento de Recursos del

Mar por su trabajo en el posgrado de biología marina en sus XV años.



Notas

1. D. Aldana Arana, *Avance y Perspectiva* **12**, 17 (1993).
2. Anuarios de la ANUIES (1993-1995).

Libros de texto gratuitos

María de Ibarrola

Hablar de libros de texto en nuestro país ha tenido, y sigue teniendo, connotaciones inmediatas de carácter político que no es posible ignorar. Su carácter obligatorio, nacional y gratuito hace posible la manipulación o el control, tentación en la que se ha caído en diversas situaciones y que sólo se podrá evitar mediante una decidida y eficiente participación ciudadana. La magnitud del tiraje, por otra parte, suscita intereses comerciales que van desde la disputa por fuentes de trabajo hasta la influencia en el desarrollo nacional de la industria editorial. La complejidad de todos estos efectos exige impulsar el análisis y el debate de las dos dimensiones que les otorgan su verdadero significado en la vida cultural y educativa de nuestro país: ser factor clave de nuestra política educativa, y sus cualidades en tanto herramienta pedagógica fundamental para la calidad de la educación pública.

El libro es sin duda uno de los inventos humanos más extraordinarios y constituye una fuente de creación y difusión del conocimiento sin igual. Gabriel Zaid¹ resume brillantemente sus características y cualidades: son portátiles, baratos, pueden ser hojeados, se pueden leer al paso que marca el lector, no requieren cita previa, permiten en sí mismos una enorme variedad. No es de extrañar entonces que los libros se conviertan en una herramienta fundamental en el proceso educativo escolar.

Quienes analizan los libros de texto, encuentran rasgos adicionales: son fuente autónoma y variada de

La Dra. María de Ibarrola, investigadora titular del Departamento de Investigaciones Educativas del Cinvestav, es miembro del Consejo Editorial de Avance y Perspectiva. Este texto se publicó en el No. 3 del suplemento cultural "Hoja por hoja" que se distribuye en varios periódicos del país.



conocimiento, independiente de las posiciones y conocimientos inmediatos de quienes rodean al usuario (aunque no de quienes los elaboran); no requieren accesorios para su uso, son reutilizables a voluntad, pueden llegar a muchos lugares sin requerir grandes costos. Como libros de texto deben cumplir con los requisitos y especificidad pedagógicos en cuanto a su contenido y formas de elaboración que se analizarán más adelante.

Los libros de texto como política educativa prioritaria

Desde principios de siglo, el libro de texto gratuito forma parte fundamental de la concepción pública acerca de cómo asegurar de manera efectiva a la población mexicana, en particular a la niñez, la escolaridad constitucionalmente obligatoria. Vasconcelos y Cárdenas realizaron programas importantes al respecto, pero no fue sino hasta la época de Adolfo López Mateos cuando se inició la política sostenida por casi cinco décadas de amplia distribución y que permitió repartir, hasta 1997, 124 millones de libros de texto gratuitos en el país.

La elección de esta prioridad se sostiene hasta la fecha con argumentos de mucho peso. La disponibilidad de por lo menos un libro de texto para cada niño ha sido definida como un umbral clave a superar en la búsqueda de la calidad desde hace ya varios lustros; y las poblaciones que han tenido acceso generalizado al mismo, como la mexicana, han demostrado diferencias significativas al respecto por comparación con las que no lo han tenido en nuestro continente.

Como política educativa, los libros de texto facilitaron también el logro de otros objetivos bien elegidos: han favorecido el acceso de los maestros al conocimiento que requieren para ejercer su función docente y el manejo del conocimiento que deben impartir. A lo largo de la segunda mitad del siglo, los libros de texto y los libros para los maestros han sido a la vez programa cotidiano de docencia y principal —en ocasiones única— fuente de información, actualización y superación, de muchísimos maestros. Lo anterior se debe, desafortunadamente, a la ausencia de políticas de formación de maestros instrumentadas de manera adecuada. Vale mencionar que, en este caso, la eficiencia no se ha evaluado.



Otro de los efectos culturales más importantes de los libros de texto ha sido su presencia, muchas veces como único material escrito, en las familias mexicanas de escasos recursos y escasa escolaridad. Dos atributos han acompañado a la prioridad dada por la política educativa mexicana al libro de texto: la obligatoriedad y la gratuidad.

El libro de texto obligatorio. En las décadas recientes, prácticamente todos los sectores sociales han llegado a entender los rasgos fundamentales de la obligatoriedad del libro de texto, atributo que muchas veces se había denunciado contrario a la libertad de enseñanza: la obligación del Estado de asegurar la educación básica a todos los mexicanos, así como su responsabilidad respecto de los contenidos mínimos indispensables para la formación que todo mexicano debe alcanzar, acordes a los planes y programas de estudio que le corresponde, en particular al gobierno federal, aprobar. Las anteriores han sido decisiones ciudadanas que están plasmadas en nuestras leyes. Los libros han sido uno de los mecanismos elegidos y es, en este respecto, que su uso resulta obligatorio en las escuelas del país, sin poder ser sustituidos por otros textos. El ser *complementados o adicionados* por otros textos y múltiples fuentes de información ha quedado a la discreción y posibilidades de las escuelas. Desde hace tiempo se ha registrado la presencia de textos comerciales

en las escuelas públicas a la que ahora se unen ofertas de televisión educativa e incluso comercial.

El libro gratuito. A su vez, los rasgos fundamentales de la gratuidad de libro de texto son tres y se inscriben en el marco de la gratuidad constitucional de la educación pública: (a) garantizar el acceso de todos los niños a los conocimientos básicos que exige su formación integral como mexicanos; (b) redistribuir de manera equitativa y justa la riqueza nacional vía los impuestos y su aplicación a los libros de texto; (c) invertir socialmente en la formación de los mexicanos del futuro.

El término de gratuidad aplicado a los libros de texto ha provocado confusiones en la comprensión de su significado, como si los libros fueran un *don inmerecido*. Con planteamientos burdamente conductistas se argumenta que lo que no cuesta no se aprecia. Por otra parte, con argumentos politiqueros, algunos grupos se atribuyen ser los autores del regalo.

Habrà que aclarar que los libros cuestan. Son pagados por los impuestos y, conforme a los principios democráticos (y también mercantilistas), los ciudadanos tenemos el derecho de exigir a quienes los elaboran que los contenidos sean de interés nacional y de la más alta

calidad pedagógica; a quienes los distribuyen, que no se atribuyan el regalo de algo que no les pertenece, y a los estudiantes y maestros, que saquen el mejor provecho de ellos.

La obligatoriedad constitucional de la secundaria, aprobada en 1993, deberá abrir de nuevo el debate respecto de la obligatoriedad y gratuidad de libros de texto para este nivel, que ya se anticipa.

El libro de texto gratuito como herramienta pedagógica

La calidad. Un buen libro de texto, según Ana María Rojas Fierro², "contribuye a la actualización del maestro; propone una ruta para la construcción del conocimiento; propicia la economía de recursos físicos y de tiempo; propicia el contacto con la escritura; genera procesos de lectura; forma y no sólo informa; aporta herramientas para aprender a aprender; favorece la intertextualidad; enriquece la socialización; promueve la lectura de códigos gráficos."

Los libros de texto tienen que garantizar tres dimensiones a cada uno de esos rasgos, que deberán articularse plenamente entre sí: (a) la validez y actualidad del contenido disciplinario; (b) la calidad pedagógica y didáctica de la selección, transposición y secuenciación de los mismos y la de los ejercicios sugeridos para la enseñanza y el aprendizaje; y (c) la pertinencia de la comunicación gráfica. A su vez, están delimitados por los objetivos del programa, por un lado, y por los recursos y tiempos institucionales y las formas de evaluación por el otro.

Producción y textos de calidad. La calidad de los libros dependerá del respeto a estas exigencias por quienes los elaboran y aprueban. El proceso reciente (1992 en adelante) es rico en lecciones al respecto. Como se recuerda, se abrieron las posibilidades para tres tipos de responsables: la contratación de grupos externos por obra determinada, el concurso abierto al público y la elaboración por los grupos técnicos de la Secretaría de Educación Pública (SEP). La decisión final está por ley en manos de la SEP.

En realidad, el tema de quién elabora los libros es menos importante que el de tener acuerdos muy claros

sobre los criterios anteriormente señalados y asegurar ciertos procesos sin los cuales no es posible pensar que se lograrán. La experiencia señala los siguientes:

- que los autores tengan amplia experiencia en investigación didáctica específica;
- aceptar y conducir un amplio y calificado debate sobre los contenidos, que no es posible negar o soslayar. Los ejemplos son candentes: *Historia de México* y *Ciencias Naturales*, pero también *Español*;
- el diálogo continuo con los maestros sobre su efectividad o los cambios posibles y necesarios a los textos en función de la experiencia de los maestros;
- respetar los tiempos necesarios para ello;
- evaluar su efectividad.

Los libros de texto gratuito han ido alcanzando niveles altos de calidad, muy superior a la de los libros comerciales, muchos de los cuales se conforman con ajustarse a los programas o con ofrecer numerosos ejercicios de corte mecánico o memorístico.

Conviene incorporar en este momento tal vez la única pregunta sobre la que todavía quedan dudas respecto de la política educativa del libro de texto en nuestro país: ¿un libro de texto único?, ¿por qué no diversificar los títulos, ampliar las alternativas, multiplicar el número de autores?

El término "único" en realidad no resulta preciso. Si bien en los primeros años se editó un libro por grado, a partir de 1970 se elaboraron libros diferentes por asignatura y por grado, y en los últimos veinte años se han distribuido a las escuelas, a los maestros y a los niños, un promedio de 170 títulos diferentes, complementarios de apoyo y para educación indígena.

Sin duda el hecho de tener un solo título por grado y asignatura es el que provoca el calificativo y se ha denunciado que se aplicaría más bien al control de los contenidos. Pero ¿de qué clase de control estaríamos hablando? ¿Un burdo y maquívélico "control ideológico"? ¿Un control de las bases más elementales de la unidad nacional? ¿Un control de calidad?

Lo importante es que, a partir de la última reforma educativa, ha quedado claro que una de las exigencias de la calidad educativa es atender la diversidad. Ello exige "peruñencia" de los contenidos y respuesta a "las necesidades de aprendizaje" de los grupos concretos; diversidad de ofertas. En realidad la obligatoriedad de ciertos contenidos y la gratuidad del libro de texto no tienen por qué oponerse a la diversidad de alternativas, como ha sido el caso en otros países.

Conclusión

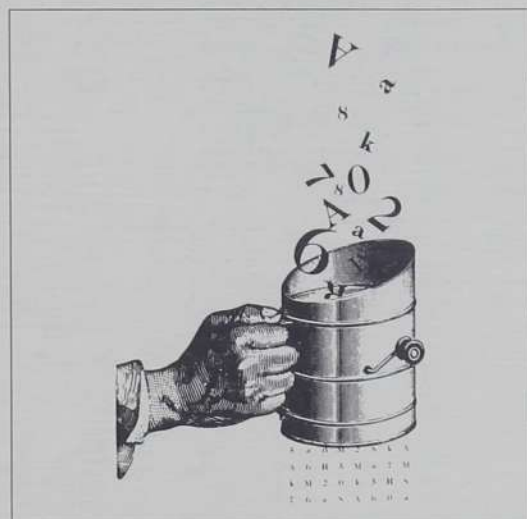
Dentro del total de renglones que efectivamente conformarían una educación pública, obligatoria y gratuita de calidad, la política educativa mexicana ha privilegiado los libros de texto entre muy pocos otros recursos y mecanismos. Como tal ha sido muy eficiente: los libros son tal vez el único recurso educativo que llega con la misma calidad objetiva a todos los niños por igual y su costo sin duda es muy inferior a la inversión en otras políticas necesarias (1% del gasto nacional estimado en educación para 1996); porque en muchas zonas del país siguen existiendo escuelas sumamente precarias y maestros insuficientemente preparados y se ha prestado escasa atención a la formación de los maestros, más allá de ofrecerles, nuevamente, algunos títulos para su autoenseñanza. En todo caso, es necesario afirmar que con todas sus bondades, los libros no pueden ser el sustituto de las políticas educativas que requiere el país,

las cuales deben centrarse en los maestros, principal recurso para una educación viva, rica y cambiante, que vaya más allá de los mínimos; los buenos libros de texto vendrán por añadidura.



Notas

1. G. Zaid, *Los demasiados libros* (Diana, 1997).
2. A. M. Rojas Fierro, "Acerca de los buenos libros de texto", *Alegría de enseñar* **28** (octubre de 1996).





Biotecnología

Maestría y Doctorado

Padrón de posgrados de excelencia del CONACYT

Objetivo

Formación de recursos humanos a través de su incorporación en proyectos de investigación interdisciplinarios en Biotecnología.

REQUISITOS DE INGRESO AL POSGRADO

- Promedio mínimo de ocho.
Acreditar los exámenes de admisión en agosto de cada año.
- Entrevistarse con el coordinador académico y requisitar todos los documentos que se soliciten.
- Estudios de licenciatura concluidos dentro de las áreas de Biología, Ingeniería Química, Biotecnología y afines.

BECAS

Los estudiantes admitidos recibirán el apoyo Departamental para solicitar becas ante el CONACYT.

INFORMES E INSCRIPCIONES

Coordinación Académica del
Departamento de Biotecnología y Bioingeniería

Av. IPN No. 2508. Col. San Pedro Zacatenco,
México, D.F., C.P. 07300

Tels. 747 7000, 747 7001 ext. 3906 y 3918
Fax: 747 7000 ext. 3905, 747 7002
E-mail: csantoyo@mvax1.red.cinvestav.mx

El Premio Nobel de Física

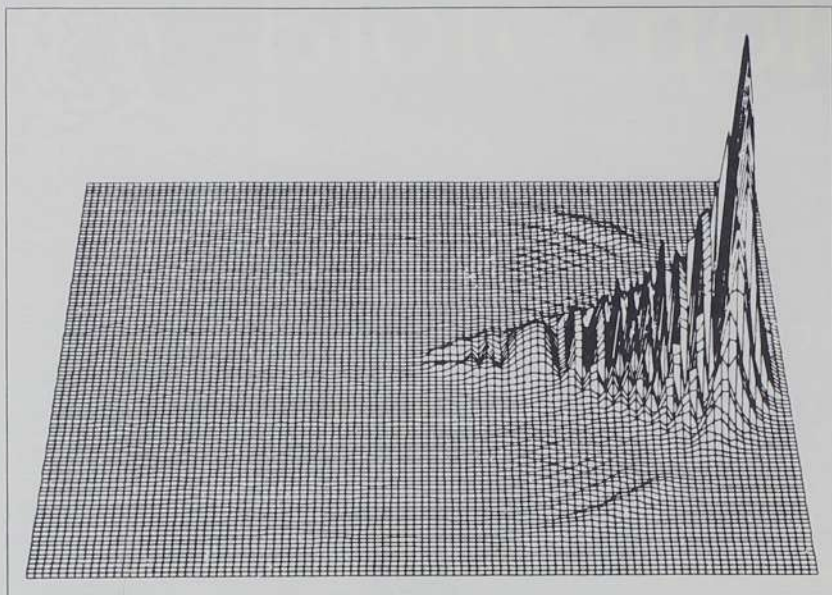
Luis A. Orozco

¿Es posible enfriar un objeto con luz?

La respuesta inmediata extraída de nuestra experiencia con la "lumbre" es no. Sin embargo, la Academia de Ciencias de Suecia este año concedió su máximo galardón en física a tres científicos por el desarrollo de métodos para enfriar y atrapar átomos con luz de láseres. Los premiados son Steven Chu, de la Universidad de Stanford en California, EUA, Claude Cohen-Tannoudji, del Colegio de Francia y la Escuela Normal Superior en París, y William D. Phillips del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología en Gaithersburg, Maryland, EUA.

La respuesta a la pregunta inicial está íntimamente vinculada con las propiedades de la luz. Kepler sugirió que las colas de los cometas siempre apuntan en dirección contraria al sol porque la luz ejerce una fuerza mecánica sobre ellas. Maxwell en 1873 estableció la existencia de una presión de luz derivada de la estructura del campo electromagnético y cómo éste se propaga. En 1917, en su artículo sobre radiación de cuerpo negro, Einstein predijo que había una transferencia de cantidad de movimiento en el proceso de emisión espontánea. El fue más allá y dijo que "la pequeñez de los impulsos transmitidos por el campo radiado implica que éstos pueden casi siempre ser despreciados en la práctica"¹. Sin embargo, en 1933, Frisch midió un desvío de 0.01 mm en un haz atómico de sodio cuando lo iluminaba con luz de una lámpara también de sodio².

El Dr. Luis A. Orozco es profesor titular del Departamento de Física y Astronomía de la Universidad de Nueva York en Stony Brook, dirección electrónica: Luis.Orozco@sunysb.edu



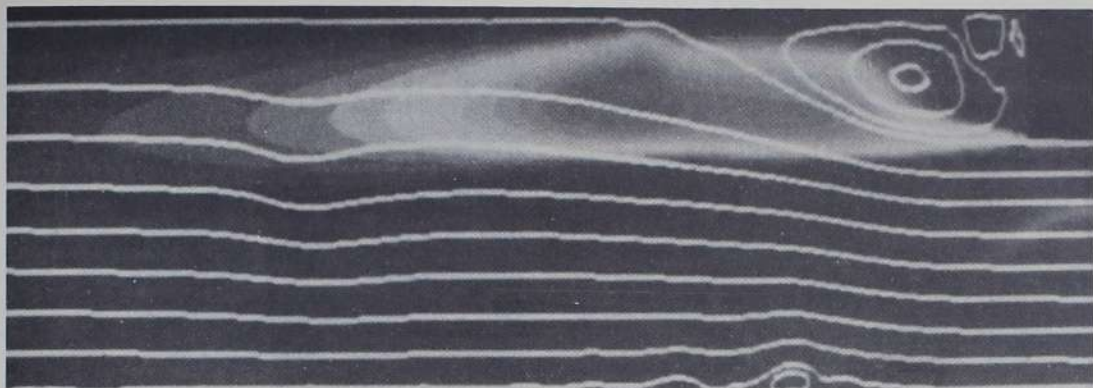
El interés por bajar las temperaturas está íntimamente asociado a la reducción de la dispersión de las velocidades de un gas. Hay métodos muy eficientes de hacerlo mediante el contacto de superficies cada vez mas frías, pero generalmente los átomos dejan de comportarse como gas y se vuelven sólidos. En el estado sólido las propiedades de los átomos se modifican drásticamente debido a la cercanía con otros átomos. Para estudiar la estructura de los átomos lo ideal es mantenerlos en el estado gaseoso. Su enfriamiento resulta complicado pues la velocidad promedio de un átomo de sodio a temperatura ambiente es del orden de 500 m/s o 1800 km/h. Lo ideal es enfriarlos y mantenerlos suficientemente separados para que no cambien su estructura a líquido o a sólido. Esto requiere nuevos métodos de enfriamiento y de confinamiento. No se pueden utilizar botellas de vidrio o metal pues los átomos entran en contacto con la superficie y pueden quedar atrapados en ella. El estudio de las propiedades de los átomos por métodos espectroscópicos ha estado limitado por la dispersión de velocidades intrínseca en cualquier gas. Desarrollar métodos para enfriar y confinar átomos ha sido un sueño que a partir de los años ochenta se ha vuelto realidad.

En los años setenta, con la invención de láseres de tinta sintonizables con anchos de banda muy pequeños, la situación cambió. David Wineland y Hans Dehmelt³, a

la vez que Theodor Hansch y Arthur Schawlow⁴, propusieron que tales fuentes de luz brillante podían ejercer una fuerza sustancial sobre los átomos o iones y potencialmente podrían enfriar sus distribuciones de velocidades. Para 1978 David Wineland⁵ y sus colaboradores en el Buró Nacional de Estándares y Hans Dehmelt, entonces de visita con un grupo en Heidelberg, obtuvieron el enfriamiento de iones en una trampa de Paul mediante repetidas interacciones con un láser⁶. Como los iones están cargados es fácil mantenerlos en el mismo lugar para que continúen interactuando con un láser. El problema de hacerlo con átomos neutros iba a tardar unos años más pues no existían trampas para ellos.

Principios de la fuerza

El origen de la fuerza es la cantidad de movimiento transferida cuando un átomo absorbe un fotón de un haz de láser. La cantidad de movimiento del átomo cambia en $h\mathbf{k}/2\pi$ donde h es la constante de Planck y $\mathbf{k}$ el vector de onda del fotón incidente. Si esta excitación es seguida por emisión estimulada al mismo haz de láser, el fotón emitido se llevará $h\mathbf{k}/2\pi$ por lo que no habrá transferencia de cantidad de movimiento. Sin embargo, si la emisión es espontánea, puede ocurrir en cualquier dirección, y como



la interacción electromagnética preserva paridad, la emisión será en un patrón simétrico con respecto al fotón incidente. En este caso el promedio del retroceso sobre muchos ciclos de emisión y absorción será cero. El átomo gana cantidad de movimiento en la dirección del vector de onda del fotón incidente.

Algunas complicaciones

La idea de interactuar con la luz en forma repetida parece muy sencilla. Simplemente, debe ser posible desacelerar los átomos al iluminarlos con un láser en sentido contrario al de su movimiento. Una primera complicación aparece cuando se toma en cuenta el corrimiento Doppler sufrido por los átomos cuando cambian su velocidad, tal como sucede con la frecuencia de una sirena de una ambulancia al acercarse o al estar parada. Ya no van a ser capaces de absorber luz del láser pues están fuera de su ancho de resonancia. Una segunda complicación aparece cuando se trata de buscar en la naturaleza un átomo con sólo dos niveles energéticos. En los elementos alcalinos hay transiciones que casi están cerradas y se comportan como dos niveles, pero siempre existe la posibilidad de equivocarse la transición y dejar de circular entre los dos niveles. Phillips y Metcalf⁶ propusieron e instrumentaron una solución que resolvía de un tajo ambos problemas: en vez de cambiar la energía del láser conforme los átomos se desaceleran, cambiaron la energía de los átomos por el efecto Zeeman al pasar el haz por un electroimán donde el campo magnético cambia en función de la distancia para compensar el cambio de velocidad. Por otro lado, las reglas de selección en presencia de un campo magnético logran

atrapar a los átomos de sodio en una situación muy parecida a la de un sistema de dos niveles si la transición utilizada es entre los estados con el número cuántico magnético más alto permitido. Otras soluciones ya se habían tratado y se instrumentaron después, pero no operan de manera continua sino discreta pues implicaban modificar la frecuencia de excitación de los láseres en función del tiempo, interactuando sólo con un grupo de átomos dentro del haz.

Fuerza dependiente de la velocidad: una melaza óptica

Para el caso simplificado de un átomo con dos niveles interactuando con luz, la fuerza es el número de fluorescencias por unidad de tiempo multiplicado por la cantidad de movimiento transferida por un fotón. Esta fuerza se vuelve dependiente de la velocidad cuando se considera el corrimiento Doppler, la modificación de la frecuencia observada por los átomos dependiendo de su velocidad. Si en vez de mantener el láser en resonancia con la transición se mueve su frecuencia hacia el rojo una distancia comparable al ancho de banda de absorción del átomo, el átomo absorberá preferentemente los fotones que están dirigidos contra él pues los observará corridos hacia el centro, mientras que si hay otros láseres dirigidos hacia él, éstos estarán más lejos del centro que el que se opone a su movimiento. Tras la repetida absorción de fotones el átomo perderá velocidad reduciendo así su temperatura. Steve Chu utilizó esta fuerza para lograr un confinamiento viscoso cuando iluminó con seis haces de láser un grupo de átomos que ya habían sido

desacelerados a velocidades de unos cuantos metros por segundo ($10 \text{ m/s} = 36 \text{ km/h}$). El resultado fue que los átomos estaban inmersos en una "melaza óptica" de donde tardaban mucho tiempo en salir⁷.

El límite Doppler

La variación de la cantidad de movimiento no es cero y el átomo lleva a cabo una caminata aleatoria en el espacio de la cantidad de movimiento conforme emite fotones de manera espontánea. Estas fluctuaciones limitan las temperaturas más bajas que es posible obtener mediante este mecanismo de enfriamiento. La temperatura alcanzada está determinada por la energía asociada con el ancho de banda de la transición atómica y se le denomina temperatura límite Doppler. Dicha energía limita la temperatura de los átomos de sodio a una temperatura de aproximadamente 220 microKelvin, ya de por sí un número muy bajo.

Más allá del límite Doppler

Entre 1987 y 1988 el equipo del William Phillips⁸ se propuso estudiar cuidadosamente la temperatura de los átomos. Capturaban átomos en una melaza óptica y luego apagaban rápidamente los seis haces dejando libres a los átomos para que se movieran solamente bajo la influencia de la fuerza de la gravedad. Unos centímetros abajo de la melaza óptica tenían otro haz de láser por el que los átomos debían pasar en su caída libre. Al medir el tiempo desde que quedaron libres de la melaza hasta que cruzaron el haz, y por lo tanto emitieron luz, pudieron determinar la velocidad promedio y la distribución de velocidades de los átomos. Indiscutiblemente los átomos tenían una temperatura equivalente a 40 microKelvin, un factor de cinco menor al predicho por el límite Doppler. Hubo una conmoción entre los diversos grupos trabajando en el problema y varios confirmaron los resultados utilizando otros átomos. El grupo de la École Normale Supérieure dirigido por Claude Cohen-Tannoudji desarrolló un estudio teórico cuidadoso tomando en cuenta no sólo dos niveles, sino la estructura completa del átomo, lo mismo que la polarización de la luz en todos los puntos donde la melaza actuaba sobre los átomos. La combinación de ambos efectos inducía procesos de bombeo óptico que permitían alcanzar temperaturas menores.



Simultáneamente, Steve Chu y su grupo en Stanford, a donde acababa de llegar tras dejar los laboratorios Bell, llegaron a la misma conclusión. Entre lo que pasaba en una melaza óptica había nuevos mecanismos de enfriamiento que no dependían de la emisión espontánea sino utilizaban la emisión estimulada. Claude Cohen-Tannoudji nombró a uno de ellos enfriamiento de Sísifo en referencia al mito griego del que siempre va en ascenso. La analogía es adecuada pues el átomo siempre tiene que vencer un potencial presente por los gradientes de la polarización.

Más allá del límite de retroceso

La temperatura era muy baja, pero parecía haber todavía otro límite por superar, el límite del retroceso. La cantidad de movimiento transferida a un átomo al absorber luz es finita y por lo tanto implica una cierta energía cinética. Claude Cohen-Tannoudji con su grupo en París mostró en 1988 cómo era posible romper ese límite. Para lograrlo era necesario preparar al átomo en un estado tal en que no absorbiera luz y por lo tanto no estuviera sujeto a tal límite. Esto requirió preparar una superposición de estados con las características internas (números cuánticos) y externas (cantidad de movimiento) adecuadas e iluminar los átomos con láseres con una polarización correcta. El estado que ellos encontraron era una especie de sumidero. Una vez que el átomo caía, se mantendría sin necesidad de más interacciones. El experimento original se desarrolló con átomos de helio en una sola dimensión⁹.

Trampas de Luz

Una vez enfriados los átomos era necesario atraparlos. Muchas soluciones se han puesto en operación y en general la trampa capaz de contener átomos requiere de dos fuerzas. Una fuerza restauradora como un resorte que "jala más" conforme más se estira, que es proporcional a la distancia, y una fuerza disipadora para reducir el movimiento de los átomos, proporcional a la velocidad. Hay trampas puramente ópticas. Otras que combinan campos magnéticos con haces de láser, y otras puramente magnéticas. Actualmente, la más utilizada es la llamada trampa magneto-óptica, donde la fuerza restauradora viene dada por el corrimiento Zeeman presente en los niveles energéticos de un átomo cuando está dentro de un campo de cuadrupolo magnético. Justamente en el centro del cuadrupolo el campo es cero y los átomos no sienten ninguna fuerza.

Algunas novedades

El poder enfriar y confinar átomos ha abierto multitud de posibilidades: el grupo de Eric Cornell y Carl Wieman de la Universidad de Colorado logró la condensación de Bose Einstein con átomos de rubidio¹⁰. Recientemente en el MIT el grupo de Wolfgang Ketterle, a partir de un condensado de Bose Einstein, ha instrumentado lo que llamaron un láser de átomos¹¹, iniciando una nueva era en el estudio de la coherencia de ondas materiales de de Broglie. Tanto el estudio del proceso de enfriamiento como el de sus aplicaciones continúan. Es posible formar un arreglo de trampas donde los átomos quedan capturados en los pozos formados por una onda estacionaria de láser. Tales arreglos han dado lugar a "cristales ópticos" en tres dimensiones donde algunos átomos quedan atrapados en los potenciales que se asemejan a una rejilla de huevos. Un buen número de los átomos de la tabla periódica han sido atrapados o enfriados con láseres, incluso la técnica ya ha llegado a átomos radioactivos pesados¹². Desde hace mucho tiempo hemos soñado con la posibilidad de tener unas pinzas para manipular los átomos. No sólo tenemos las pinzas sino que podemos depositarlos en recipientes que los pueden guardar por mucho tiempo para interrogarlos sobre su estructura y en general sobre la interacción de la luz con la materia¹³.

Los galardonados

Steve Chu, originario de San Luis Missouri, nació en 1948, es profesor de física en la Universidad de Stanford. Estudió su doctorado en Berkeley y luego trabajó en los Laboratorios Bell de ATT. Ahí desarrolló los experimentos que ahora le han llevado a compartir el Premio Nobel en colaboración de una manera cercana con Arthur Ashkin y John E. Bjorkholm.

Claude Cohen-Tannoudji nació en Constantine, Argelia, en 1933 y es ciudadano francés. Se doctoró en la Escuela Normal Superior de París en 1962 y es profesor de esa institución y del Colegio de Francia. Entre sus colaboradores más distinguidos están Jean Dalibard, Alain Aspect y Christopher Salmon, con quienes ha desarrollado teorías y experimentos de enfriamiento por láseres y trampas de luz.

William D. Phillips nació en 1948 en Wilkes-Barre, Pennsylvania, y se doctoró en el MIT en 1976. Ha trabajado en el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología desde 1978 donde llevó a cabo los primeros experimentos que mostraron la desaceleración de un haz de sodio por interacción con un láser en colaboración con Harold Metcalf de Stony Brook.



Notas

1. A. Einstein, *Physikalische Zeit.* **18**, 121 (1917)
2. O. Frisch, *Zeit. F. Phys.* **86**, 42 (1933).
3. D. Wineland y H. Dehmelt, *Bull. Am. Phys. Soc.* **20**, 637 (1975).
4. T. Hansch y A. Schawlow, *Opt. Commun.* **13**, 68 (1975).
5. D. Wineland, R. E. Drullinger y F. L. Walls, *Phys. Rev. Lett.* **40**, 1635 (1978); W. Neuhauser, M. Hohenstatt, P. Toschek y H. Dehmelt, *Phys. Rev. Lett.* **41**, 233 (1978).
6. W. D. Phillips y H. Metcalf, *Phys. Rev. Lett.* **48**, 596 (1982).
7. S. Chu, L. Hollberg, J. E. Bjorkholm, A. Cable y A. Ashkin, *Phys. Rev. Lett.* **55**, 48 (1985).

8. P. D. Lett, R. N. Watts, C. I. Westbrook, W. D. Phillips, P. L. Gould y H. Metcalf, *Phys. Rev. Lett.* **61**, 169 (1988).

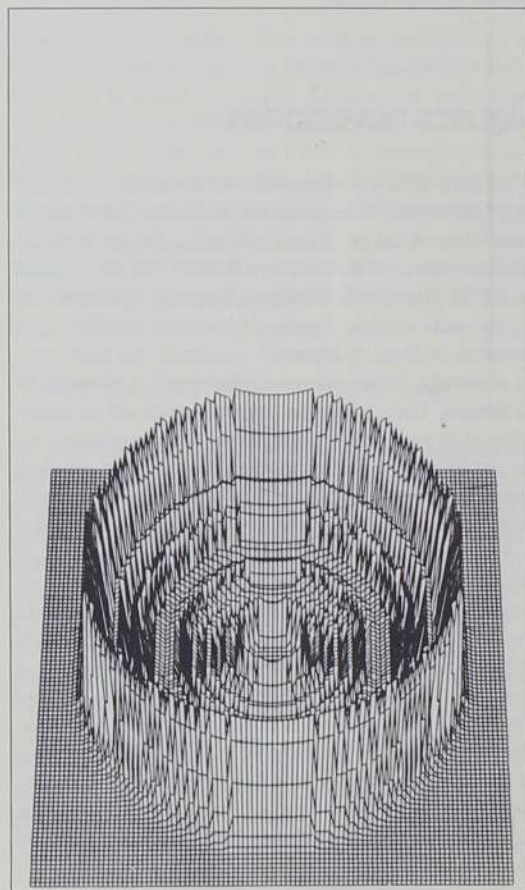
9. A. Aspect, E. Arimondo, R. Kaiser, N. Vansteenkiste y C. Cohen-Tannoudji, *Phys. Rev. Lett.* **61**, 826 (1988).

10. M. H. Anderson, J. R. Ensher, M. R. Matthews, C. E. Wieman y E. A. Cornell, *Science* **269**, 198 (1995).

11. M. A. Andrews, C. G. Twonson, H.-J. Miesner, D. S. Durfee D. M. Kurn y W. Ketterle, *Science* **275**, 637 (1997).

12. L. A. Orozco, J. E. Simsarian *et al.* *Phys. Rev. Lett.* **76**, 3522 (1996).

13. Existen excelentes monografías sobre el tema. El lector interesado puede dirigirse por ejemplo, a *Laser Manipulation of Atoms and Ions*, editado por E. Arimondo, W. D. Phillips y F. Stumia (North Holland, Amsterdam, 1992); C. S. Adams y E. Riis en *Progress in Quantum Electronics* (1996); H. Metcalf y P. van der Straten, *Phys. Rep.* **224**, 103 (1994). En cuanto a artículos de divulgación, se tienen W. D. Phillips y H. J. Metcalf "Cooling and trapping atoms", *Scientific American*, Marzo 1987, p. 36; C. N. Cohen-Tannoudji y W. D. Phillips, "New mechanisms for laser cooling", *Physics Today*, Octubre de 1990, p. 33; S. Chu "Laser trapping of neutral particles", *Scientific American*, Febrero 1992, p. 71.



De los priones y los tauones

Raúl Mena López

Tuve la oportunidad de escuchar al Dr. Stanley Prusiner, recién galardonado con el Premio Nobel de Medicina 1997, durante el curso especial del congreso de la Sociedad Americana de Neuropatólogos, celebrado en Pittsburgh, en junio pasado. El curso trató precisamente de las enfermedades producidas por priones. El Dr. Prusiner, como se esperaba, fue el ponente más celebrado y su presentación la más fascinante, ya que se relacionó con los últimos hallazgos en la biología estructural de la proteína prion, así como de la neurología molecular y genética de las enfermedades asociadas a los priones. (Por intermedio de un amigo y colaborador, Pedro Piccardo, quien fuera "posdoc" en el laboratorio del mismo Carlton Gadjusek, me informé de la forma en que se descubrieron los priones y la controvertida relación que Prusiner mantuvo con el Dr. Gadjusek por la renuencia de éste a referirse a los virus lentos, no convencionales, como priones).

Aunque creo que ninguno de los que conocemos el trabajo de Prusiner y sus logros en el entendimiento de los mecanismos moleculares implicados en la patogénesis de las enfermedades por priones, dudábamos que el señor iba "directo al Nobel", sí me sorprendió que se lo dieran, de cierta forma, tan pronto y tan oportunamente. Esto, por una información que proporcionaré al final de este reconocimiento.

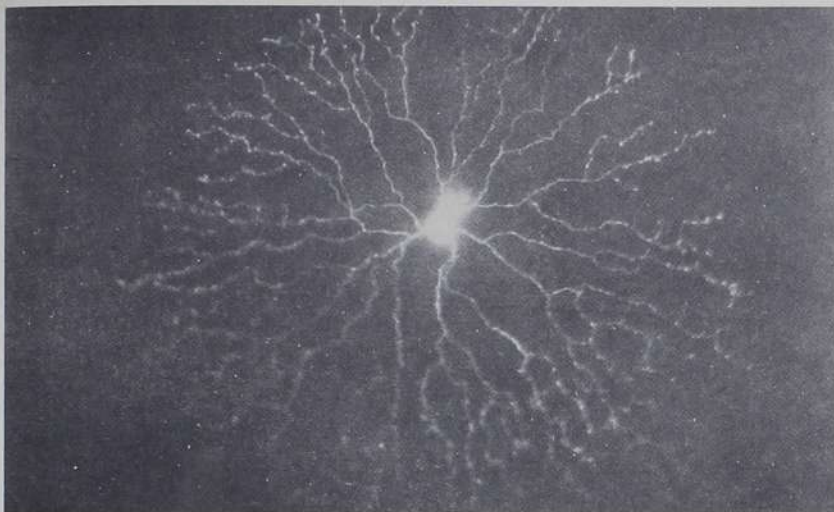
Quince años han transcurrido desde que Prusiner introdujo el término prion y descubrió la proteína prion. El concepto prion¹ incluye partículas protéicas infecciosas que resisten la inactivación por los procedimientos que modifican a los ácidos nucleicos. Todo el trabajo acumulado por Prusiner y su vasto grupo de colaboradores han demostrado, sin lugar a dudas, que los priones son

El Dr. Raúl Mena López es investigador titular del Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias del Cinvestav.



agentes únicos entre todos los otros patógenos infecciosos. Los priones causan un grupo de enfermedades degenerativas cerebrales, incluyendo la llamada enfermedad de "las vacas locas" que tanta alarma han producido en Inglaterra y Europa en los últimos años. El premio otorgado al Dr. Prusiner viene después de 25 años de un extraordinario y dedicado trabajo de investigación que comenzó, según refiere el boletín emitido por la Academia de Ciencias de Estocolmo, cuando una paciente de Prusiner falleció a causa de un proceso demencial agudo, denominado enfermedad de Creutzfeld (se pronuncia "croifeld", según la Dra. Elisa Alonso y "kruch'fel", según yo) -Jakob que ahora se sabe, es producida por los priones. En 1982 Prusiner y su grupo dieron el primer avance sustancial en sus investigaciones al conseguir aislar el agente infeccioso en una preparación de cerebro de un roedor enfermo. Con este logro pudo apoyarse más la hasta entonces tan audaz hipótesis de que el prion era un agente infeccioso que característicamente carecía de material genético. En los quince años que han seguido al trabajo científico del Dr. Prusiner, donde informa que había obtenido una preparación derivada de cerebros de animales enfermos por el agente causal de la enfermedad de Creutzfeld-Jakob, y que contenía un solo agente infeccioso, presuntamente una proteína y no un virus, cada uno de los trabajos publicados por él y su grupo causaron una expectación y un impacto

como pocas veces se ha visto en la literatura. Los estudios de los priones tienen amplias implicaciones tanto en los principios básicos de la conformación de las proteínas como en el desarrollo de terapias que puedan ser útiles en las enfermedades de los priones. El cúmulo de investigaciones llevadas a cabo por Prusiner ha llevado al claro conocimiento de que todas las enfermedades producidas por priones, ya sean hereditarias o adquiridas, implican un metabolismo aberrante de la proteína prion. Según los hallazgos, la proteína prion presenta dos tipos de conformación, la cual determina su naturaleza infectante. La forma normal de la proteína prion, que está presente en todas las células animales, ha sido denominada PrP^{C} (proteína prion celular) y la patógena, PrP^{Sc} (PrP scrapie = "enfermedad del rascado de las ovejas"). La transformación de PrP^{C} en la isoforma patológica PrP^{Sc} involucra un cambio conformacional por el cual disminuye el contenido de alfa hélice y aumenta la cantidad de fomas β plegada. Este cambio conformacional se acompaña de cambios en las propiedades fisicoquímicas de la PrP^{C} como en la solubilidad ya que, por ejemplo, mientras que el PrP^{C} es soluble y digerido rápidamente por proteasas, el PrP^{Sc} es insoluble y resistente a proteólisis. La manipulación genética de animales de experimentación ha constituido, tal vez, la fuente principal de los hallazgos más impresionantes de Prusiner en apoyo de la transmisibilidad de los priones. Así, en 1994, este investigador publica que



los ratones que habían sido generados con el gen de la proteína prion inactivado (animales mutantes *knock-out*), eran resistentes a la infección con la PrP^{Sc}. El consiguiente recruzamiento con ratones silvestres, que produce ratones con una copia del gen normal, restituía la susceptibilidad de los animales a la enfermedad. Estos datos evidenciaron que la capacidad de infección de la PrP^{Sc} depende de la presencia de la PrP^C.

Por otro lado, la comentada relación de las patologías producidas por los priones con la ahora muy popular enfermedad de Alzheimer, se debe precisamente a que, en la patogénesis de ésta también ha sido involucrado un cambio conformacional de las proteínas amiloide β y tau —ambas consideradas directamente asociadas a la causa de la demencia—, debido a un procesamiento proteolítico postraducciona que da origen a las formas patológicas. A este respecto, se sabe que el péptido amiloide β proviene de la proteólisis de una proteína precursora que se encuentra enclavada en la membrana de todas nuestras células. Mas se discute que la proteína tau que ha sido asociada a la degeneración de las neuronas en la enfermedad de Alzheimer, también sufre una proteólisis inicial que lleva a la formación de una forma trunca que se presume es la subunidad patológica que desencadena un fenómeno autocatalítico de ensamble, que lleva a la muerte de la neurona. Cabe mencionar que esta hipótesis ha llevado a un otrora colaborador, ahora en Eslovaquia, llamado Michael Novak, a sugerir el audaz nombre de “taun”, para asociar la forma trunca de la proteína tau

con los priones (siempre me ha llamado la atención que este término lo haya presentado en una revista especializada en virología. Sí, *Acta Viroológica*).

Como mencioné arriba, el Premio Nobel otorgado a Stanley Prusiner no pudo ser más oportuno que ahora, por la siguiente razón: entre las enfermedades hereditarias producidas por priones, entre las que refiero, el insomnio fatal familiar (cerebro que mi patrimonio genético sea más maya que caucásico), la forma familiar de la enfermedad de Creutzfeld-Jakob y la enfermedad de Gertsman-Sträussler-Scheinker que es una de las más raras y sorprendentes ya que, además, es transmisible. Esto quiere decir, que el extracto de cerebro de las personas que desarrollan la enfermedad al heredar una mutación en el codón 102 de la proteína prion, al ser inyectado en el cerebro de los animales de experimentación, producirá el proceso patológico que corresponde a la forma esporádica humana, la enfermedad de Creutzfeld-Jakob. Todos estos antecedentes vienen a cuenta ya que, gracias a una hazaña de investigación poblacional de la Dra. Elisa Alonso, destacada investigadora del campo de la genética del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía, se encontró, a fines del año pasado, la primera familia mexicana (fue presentada como azteca, en la reunión de Pittsburgh) con la enfermedad de Gertsman-Sträussler-Scheinker (ya me vi forzado a aprender cómo se pronuncian estos apellidos germánicos). Las consecuencias de este hallazgo único en la historia de nuestro país son muchas y todas importantes para la ciencia mexicana, entre las que menciono: (1)

constituye la primera familia mestiza, no antes encontrada en América Latina, que porta la mutación; (2) existen en nuestro país las enfermedades más raras del mundo, lo que podría sugerir que las menos frecuentes, como las formas esporádicas de las patologías producidas por priones y la enfermedad de Alzheimer misma, están presentes entre los mexicanos, pero no son diagnosticadas adecuadamente; y (3) México ya es centro de referencia para las enfermedades producidas por priones. Sin embargo, la mayor importancia de este acontecimiento estriba en que los mexicanos y los yucatecos tendrán la oportunidad de desarrollar nuevas y relevantes líneas de investigación en el campo fascinante de los priones. Cabe concluir este punto, insistiendo en que, la parte más importante de los casos de los priones para su investigación es el cerebro, razón por la cual, de no poder obtener este preciado órgano al fallecimiento de alguno de los miembros afectados (actualmente hay dos severamente enfermos), me veré obligado a cambiar de oficio u olvidarme de las demencias transmisibles (esto como información y no como queja).

La decisión de la Academia de Ciencias de Estocolmo de distinguir al Dr. Stanley Prusiner representa un claro reconocimiento a la importancia y trascendencia de las neurociencias, lo que deberá impulsar el desarrollo de las líneas de investigación, particularmente en el campo de las enfermedades neurodegenerativas que afectan a los humanos. Ojalá este impacto sea también reconocido en México, lo que deberá ser conocido como el "efecto prion".



Nota

1. Precisamente por las dos palabras que dieron origen al término "prion" —*proteinaceous infectious*— Prusiner determinó que el concepto se pronunciara en inglés, prion (como en español) y no, "praion", como lo indicaría la fonética inglesa (esto también me lo informó Pedro).

El Premio Nobel de Química

Marietta Tuena de Gómez-Puyou

El haber concedido el Premio Nobel en Química de 1997 a tres investigadores que trabajan sobre la función y la estructura de dos ATPasas, enzimas que participan en las conversiones de energía de ATP, vuelve a poner en perspectiva el difícil campo de la bioenergética que recibe, así, un nuevo y vivificante impulso.

El Dr. Jen C. Skou, de nacionalidad danesa, compartió este premio por ser el pionero en el estudio de la enzima membranal, Na^+ , K^+ -ATPasa. Esta proteína hidroliza la molécula del ATP para mantener el balance de los iones Na^+ y K^+ dentro de las células.

La enzima actúa como una bomba que utiliza el ATP para fosforilar la proteína y acoplar esta reacción a la salida de la célula de 3Na^+ , y la entrada de 2K^+ . Este intercambio de iones crea una diferencia de potencial importante para el transporte secundario de nutrientes, aminoácidos y otros iones como el Ca^{2+} , y además, mantiene el volumen celular.

Existen otras enzimas que actúan funcionalmente como bombas y comparten la organización estructural de la Na^+ , K^+ -ATPasa; la Ca^{2+} -ATPasa del retículo sarcoplásmico, la H^+ - K^+ -ATPasa de la pared del estómago en mamíferos y la H^+ -ATPasa de levaduras que bombea H^+ durante la fermentación.

Las importantes funciones que esta clase de enzimas realizan y el conocimiento que de ellas se tiene a partir de los trabajos de Skou lo hacen un justo merecedor al premio.

La Dra. Marietta Tuena de Gómez-Puyou es investigadora emérita del Departamento de Bioenergética del Instituto de Fisiología Celular de la UNAM.

El Premio Nobel en Química fue compartido por el Dr. Paul D. Boyer, incansable investigador del mecanismo de síntesis del ATP en la enzima ATPsintasa de mitocondrias, y el Dr. John E. Walker, heredero de la tradición de cristalógrafos ingleses, sobre la estructura del segmento catalítico de la enzima y que confirmó el mecanismo postulado por Boyer.

La ATPsintasa es una enzima conservada a través de la evolución y existente en toda la escala filogenética. Se localiza en las membranas de bacterias, cloroplastos y mitocondrias. Está formada por dos segmentos funcional y estructuralmente diferentes: un segmento hidrofóbico, F_o (por su interacción con el inhibidor oligomicina), que actúa como un canal de H^+ y un segmento catalítico hidrofílico ó F_1 purificado y caracterizado por E. Racker en 1960. En 1978, Peter Mitchell recibió el Premio Nobel por su teoría quimiosmótica, en la cual la energía de un gradiente de H^+ generado por la cadena de transporte de electrones es utilizada por la ATPsintasa para sintetizar el ATP.

La mayor contribución de Boyer en este campo fue postular el mecanismo cinético que sigue la enzima para sintetizar el ATP, alternando en tres distintas conformaciones sus tres sitios catalíticos en una posible forma rotatoria. Además, demostró que la energía del gradiente es utilizada para particionar sustratos (ADP y Pi) y producto (ATP).

La estructura cristalográfica parcial de la F_1 , lograda por Walker, confirmó los tres estados conformacionales de los sitios catalíticos y además hizo más probable que la enzima rotara alrededor de una estructura central formada por una enorme y flexible hélice. La demostración experimental de la rotación fue publicada por M. Yoshida recientemente.

Es siempre gratificante comprobar que los trabajos de Boyer y de otros investigadores utilizando distintas armas metodológicas fueran confirmados a nivel molecular con los datos obtenidos por Walker. Sin embargo, los mecanismos enzimáticos y la estructura cristalográfica no han dicho todo sobre las transformaciones de energía en estas preciosas e inteligentes (la sintasa ha logrado ganar el Premio Nobel por segunda vez) máquinas moleculares.



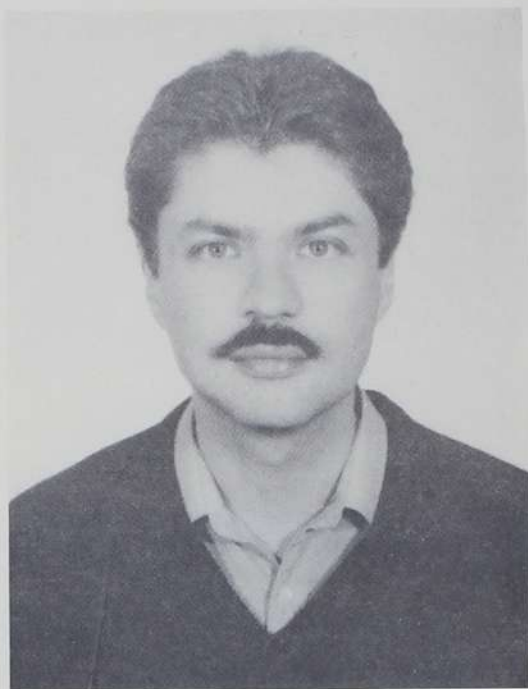
J. A. Fernández Guasti, M. A. Gómez Lim y J. Mustre de León, Premios de Investigación 1997 de la AMC

La Academia Mexicana de Ciencias (AMC) otorgó a tres investigadores del Cinvestav Premios de Investigación 1997:

- Dr. José Alonso Fernández Guasti, investigador titular del Departamento de Farmacología y Toxicología, premio en el área de las ciencias naturales;
- Dr. Miguel Ángel Gómez Lim, investigador titular del Departamento de Ingeniería Genética de Plantas de la Unidad Irapuato, premio en el área de investigación tecnológica;
- Dr. José Mustre de León, investigador titular y jefe del Departamento de Física Aplicada de la Unidad Mérida, premio en el área de ciencias exactas.

Estos premios se otorgan a investigadores menores de 40 años que se han destacado por sus aportaciones de investigación realizadas en México.

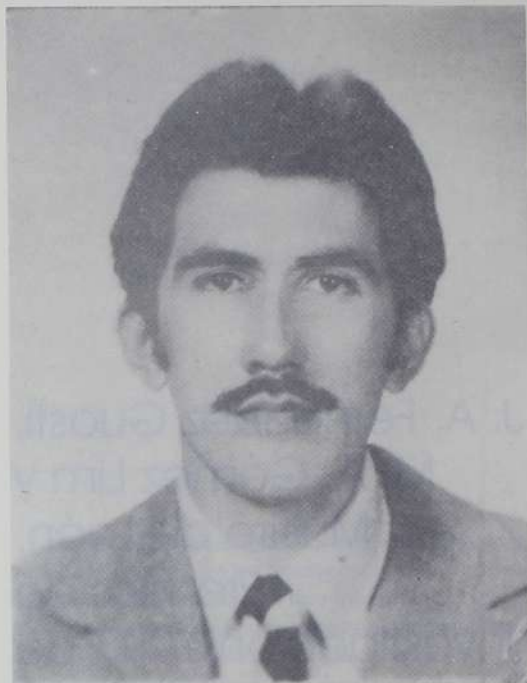
El Dr. José Alonso Fernández Guasti compartió el Premio de Investigación en el área de las ciencias naturales con el Dr. Julio Morán Andrade, investigador del Instituto de Fisiología Celular de la UNAM. El Dr. Fernández Guasti es biólogo egresado de la UAM-I, obtuvo su grado de maestría en ciencias fisiológicas en el Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM y el de doctorado en el Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias del Cinvestav. Realizó en 1984 una estancia posdoctoral en la Universidad de Gotenburgo, Alemania. En 1985 se



Dr. Alonso Fernández Guastí

incorporó al Departamento de Farmacología y Toxicología donde fundó el laboratorio de farmacología conductual y desarrolló diversos modelos experimentales para el estudio de la ansiedad en animales. Sus estudios sobre este fenómeno se pueden dividir en dos grandes líneas: una relacionada con la investigación del mecanismo de acción de los ansiolíticos serotogénicos en ratas macho, y la otra dedicada al análisis de los cambios en los niveles de ansiedad provocados por diferentes condiciones fisiológicas y moduladas por cambios en el ambiente hormonal de ratas hembras y en la conducta sexual en machos. Sobre estos estudios ha publicado 50 artículos en revistas de reconocido prestigio, que a su vez han generado 350 citas en la literatura científica. Además, ha formado cinco estudiantes de doctorado, tres de maestría y dos de licenciatura. Desde 1991 es Investigador Nacional Nivel II.

Con el premio del Dr. Fernández Guastí, los investigadores del Cinvestav han recibido diez Premios de Investigación de la AMC en el área de las ciencias naturales: Pablo Rudomin (Fisiología, 1971), Marcos Rojkind (Bioquímica, 1972), Adolfo Martínez Palomo (Biología Celular, 1975), Hugo Aréchiga (Fisiología



Dr. Miguel Ángel Gómez Lim

1979), Enrique Stefani (Fisiología 1981), Jesús Calderón Tinoco (Biología Celular, 1983), Alberto Darzon (Bioquímica, 1985) y Luis Herrera Estrella (Genética de plantas, 1989).

El Dr. Miguel Ángel Gómez Lim compartió el Premio de Investigación 1997 en el área de la investigación tecnológica con la Dra. Blanca Elena Jiménez Cisneros, investigadora del Instituto de Ingeniería de la UNAM. Mientras que el premio en el área de la investigación tecnológica fue instituido en 1990, los premios en las áreas de ciencias exactas y naturales datan de 1961. Esta es la primera vez que un investigador del Cinvestav recibe el Premio de Investigación en el área de la investigación tecnológica. El Dr. Gómez Lim obtuvo su doctorado en ciencias en la especialidad de Biología Molecular de Plantas (1986) en la Universidad de Edimburgo, Escocia. Es responsable del laboratorio de biología molecular de frutas tropicales del Departamento de Ingeniería Genética de Plantas de la Unidad Irapuato del Cinvestav. Sus principales líneas de investigación incluyen el estudio de diversos aspectos de la biología molecular de frutos tropicales: manipulación genética, la posibilidad de que sean vehículos para aplicar



Dr. José Mustre de León

vacunas humanas y de control de la sigatoka negra en el plátano. Sobre estos temas ha publicado 22 artículos y dos libros especializados. Su contribución a la formación de recursos humanos incluye la dirección de dos tesis de licenciatura, cinco de maestría y dos de doctorado.

El Dr. José Mustre de León realizó estudios de ingeniería física en la Universidad Iberoamericana, obtuvo el grado de maestría en ciencias en el Departamento de Física del Cinvestav y el de doctorado en la Universidad de Washington en Seattle, EUA. Realizó una estancia posdoctoral en el Laboratorio Nacional de los Alamos de EUA (1989-1992) y a partir



Dra. Mercedes G. López Pérez

de 1992 se integró a la planta académica del Departamento de Física Aplicada de la Unidad Mérida del Cinvestav. El campo de investigación del Dr. Mustre de León es la física teórica del estado sólido, en especial el estudio del efecto fotoeléctrico, la superconductividad, las redes cristalinas y los semiconductores. Entre los trabajos que ha publicado sobresale su formulación del proceso de estructura fina de absorción de rayos X (XAFS, publicado en J. Am. Chem. Soc. 113, 5135, 1991) que incluye correcciones de onda esférica en la función de onda y correcciones de muchos cuerpos a los potenciales fotoelectrónico-átomo. Esta formulación revolucionó dicha técnica XAFS y permitió por primera vez entenderla

Notas breves

El **Dr. Francisco Javier Álvarez Leefmans**, investigador titular del Departamento de Farmacología y Toxicología, recibió una beca de la Fundación Guggenheim para realizar el proyecto "Regulación de los cloratos intercelulares y el equilibrio osmótico en las células nerviosas".

El Departamento de Biotecnología y Bioingeniería celebró el XXV aniversario

de su fundación con una serie de conferencias y un simposio de egresados que se celebraron el 18 y el 19 de noviembre pasados.

La Unesco y el Instituto Pasteur de Francia otorgó la Medalla Pasteur 1997 a la **Dra. María Esther Orozo**, investigadora titular del Departamento de Patología Experimental del Cinvestav, por sus contribuciones a la investigación en el campo de la salud.

teóricamente en forma confiable. Además del impacto que ha tenido dicha formulación en física de materia condensada y en la ciencia de materiales, ha tenido amplias repercusiones en estudios de estructura química, bioquímica y geológica. Hasta julio de 1997, este trabajo ha recibido 370 citas en la literatura científica, convirtiéndose en un artículo clásico según el esquema del Institute for Scientific Information de Filadelfia. El Dr. Mustre de León tiene 40 artículos originales publicados en revistas del más alto impacto en su especialidad, los que a su vez han generado más de 1100 citas. En la formación de recursos humanos, ha dirigido una tesis de doctorado, una de maestría y una de licenciatura. Es investigador Nacional Nivel II.

El Dr. J. Mustre de León es el onceavo investigador asociado al Cinvestav, como profesor o como egresado, que recibe el Premio de Investigación en el área de las ciencias exactas. Los otros investigadores galardonados son: Pedro Joseph Nathan (Química, 1972), Jorge S. Helman (Física 1979), José Luis Morán López (Física, 1985), Rosalinda Contreras (Química, 1986), Eusebio Juaristi (Química, 1988), Magdaleno Medina (Física, 1990), Julio G. Mendoza (Física, 1991), Jesús G. Dorantes (Física, 1994), José Luis Lucio (Física, 1995) y Gerardo Torres del Castillo (Física, 1996).

M. G. López Pérez, y R. Lizárraga Guerra, Premio Nacional en Ciencia y Tecnología de Alimentos 1997

La Dra. Mercedes Guadalupe López Pérez, investigadora titular de la Unidad Irapuato del Cinvestav, recibió el Premio Nacional en Ciencia y Tecnología de Alimentos 1997, en la categoría profesional de ciencia de alimentos, que patrocina la Compañía Coca Cola. Este premio lo compartió con el M. en C. Roberto Lizárraga, tesis de la maestría de la Universidad Autónoma de Sinaloa, quien desarrolló el proyecto premiado "Caracterización de compuestos saborizantes de huilacoché (*Ustilago maydis*)" en el laboratorio de Química de Productos Naturales, del que es responsable la Dra. López Pérez.

CONACyT aprobó nuevamente todos los programas de posgrado del Cinvestav

Conforme a los términos establecidos por el CONACyT en la convocatoria emitida para renovar el

Padrón de Programas de Posgrado en Excelencia para Ciencia y Tecnología, este organismo aceptó renovar la inclusión de todos los programas de posgrado vigentes en el Cinvestav en dicho padrón. El Cinvestav solicitó la renovación de 19 programas de maestría y 23 de doctorado y todos ellos fueron aprobados dentro de la convocatoria emitida en el presente año. Existen dos programas de creación reciente, maestría y doctorado en la especialidad de ciencia de materiales y en ecología marina, que no solicitaron incorporación al padrón de posgrados en esta ocasión debido a que entrarán en operación en el transcurso de 1998. Los programas de posgrado aprobados se citan a continuación, todas las especialidades contemplan programas de maestría y doctorado, excepto cuando se indica lo contrario.

Ciencias Exactas

Física
Física Aplicada
Física Teórica (doctorado)
Matemáticas
Fisicoquímica
Química Orgánica
Química Inorgánica

Ciencias Biológicas y de la Salud

Biología Celular
Biomedicina Molecular
Bioquímica
Farmacología
Toxicología
Fisiología
Biofísica (doctorado)
Neurociencias (doctorado)
Genética y Biología Molecular
Patología Experimental
Biotecnología de Plantas
Biología Marina (maestría)
Ciencias Marinas (doctorado)

Tecnología y Ciencias de la Ingeniería

Biotecnología
Ingeniería Eléctrica
Ingeniería Metalúrgica

Ciencias Sociales y Humanidades

Investigaciones Educativas
Matemática Educativa

La reforma educativa 20 años después

Carlos Chimal

La década de los años 90 ha sido escenario de una reforma en la educación no sólo en los países avanzados, como podría esperarse, sino en muchos países en vías de desarrollo, inclusive en varias naciones pobres. Esta sección estará dedicada en los próximos números a analizar las tendencias y los programas innovadores en el aprendizaje, la enseñanza y la evaluación de las ciencias, así como el nuevo papel que toca desempeñar a los viejos y a los jóvenes maestros, y a las autoridades educativas de los países que pertenecen a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). Será un foro para revisar la última reforma educativa antes de entrar en el tercer milenio.¹

¿Cuáles son las características de esta reforma en la enseñanza de las ciencias naturales y las matemáticas? ¿Existen premisas universales para determinar los aspectos curriculares? ¿Cuál es el futuro próximo de la evaluación del aprendizaje, en un mundo relativista y posmoderno? ¿Cómo deben formarse los nuevos maestros y actualizar al magisterio nacional?

A propósito de estas preguntas *Avance y Perspectiva* platicó con algunos protagonistas de la nueva ola renovadora en el papel de la reflexión y la práctica docentes. Elisa Bonilla (EB), Jesús Alarcón (JA), Teresa Rojano (TR) y Guillermina Waldegg (GW) son miembros de la comunidad Cinvestav. Además, Elisa Bonilla ha tenido a su cargo la Dirección de Materiales y Métodos Educativos en la SEP, junto con otro miembro de la

Carlos Chimal, escritor interesado en la comprensión pública de la ciencia, es colaborador de Avance y Perspectiva.



comunidad Cinvestav, Olac Fuentes Molinar, en la actualidad subsecretario de Educación Básica. Guillermina Waldegg tiene una larga experiencia en los procesos de aprendizaje y enseñanza de las matemáticas, al igual que Teresa Rojano, quien está diseñando programas que deberán acompañar a las computadoras del sector educativo público del país.

La charla organizada por AyP también incluyó a José Antonio Chamizo (JACH), director de Divulgación Científica de la UNAM y premio TWAS por su labor docente y de difusión de la ciencia; a Alejandro Tiana Ferrer (AT), representante de la OCDE por España, alguien que conoce a fondo el proyecto de innovación promovido por dicho organismo entre sus miembros; y a Armando Sánchez (AS), director de Ciencias Naturales de la SEP y quien ha tenido a su cargo la coordinación de los nuevos libros de texto gratuito en esta área.

Todos ellos son jóvenes maduros que han participado activamente en la reforma educativa. Su experiencia en los procesos de aprendizaje y enseñanza de las ciencias es producto de la vieja riqueza cultural iberoamericana, en la que ya se está produciendo una ciencia crítica y vigorosa, así como nuevas generaciones de estrategias y críticos de la educación que están

promoviendo en el aula relaciones inéditas al abordar el conocimiento, más cercanas a la ciencia y las matemáticas de nuestros días.

El papel de los investigadores en la educación

AyP: ¿Cuál es la contribución de las investigaciones sobre innovaciones educativas en las ciencias naturales y las matemáticas?

EB: Creo que una aportación fundamental es la riqueza de recursos humanos. Mi experiencia profesional en la SEP me ha permitido comprobar que, gracias al papel de la investigación sobre lo que es posible hacer en la reforma, hemos podido hacer bien las cosas. En México hay gente preparada, hay investigadores producto de la labor continua a lo largo de las últimas décadas en los centros de investigación, entre ellos el Cinvestav, lo cual ha facilitado el trabajo. Será muy interesante ver cómo todos los investigadores que han participado en la reforma educativa reflejan su experiencia en autorías, en consultorías y en otros documentos y trabajos específicos.

TR: Otra contribución que vale la pena mencionar es la de tratar de poner en claro cuáles son los escollos que enfrentarían las reformas y las modificaciones que se están proponiendo en la educación básica. Se habla mucho de las virtudes que esta reforma tiene porque, claro, se construye sobre las posibles bondades del cambio. Pero creo que el papel del investigador es advertir los riesgos en el aula. Nuestro papel es poner de relieve las cuestiones que el profesor tiene que saber acerca de cómo los niños pudieran percibir las nuevas maneras de enseñar.

GW: Yo creo que hay varios aspectos a destacar. Uno lo constituyen los diagnósticos previos a cualquier modificación, y éste ha sido un campo poco desarrollado. Por increíble que parezca, no teníamos nada equivalente a un estándar nacional; no sabíamos, excepto por la intuición de los maestros, hasta qué punto estaban funcionando mal o bien las cosas. Otro es la "ingeniería" que hay que desarrollar a partir de lo que se sabe para llevarlo al aula. Ahí radica gran parte de la contribución de los investigadores en las innovaciones que se están aplicando en la actualidad.



JCh: La investigación educativa identificó con certeza que los niños están en la posibilidad de aprender dependiendo de lo que saben. Esa es una contribución porque transformó el proceso. Al menos si uno reconoce lo que el alumno sabe, puede entonces aspirar a facilitarle al niño que aprenda nuevas cosas. Si no se reconoce eso, lo demás es retórica.

AyP: ¿Cuál es el papel de los investigadores educativos en los diferentes procesos de la reforma?

TR: El papel del investigador es crítico. Debe poner en cuestionamiento sus modelos, como hace cualquier científico con los suyos a fin de mostrar si concuerdan con la realidad.

EB: Tradicionalmente ha existido una brecha demasiado amplia entre el diseño de la política educativa y el papel de la investigación. En los últimos cinco años de reforma educativa de la educación básica se han abierto espacios cada vez más claros para estos investigadores, en donde han podido no sólo cristalizar su experiencia acumulada sino empezar a investigar en áreas inéditas o poco exploradas. No hay que olvidar que ésta es una reforma que ocurre después de dos décadas. Además, la última reforma de los años 70 fue de índole curricular. En cambio la reforma de los 90 pretendió ser integral y se ha ocupado de otros aspectos muy importantes relativos a la

actualización y a la formación inicial de maestros. El Cinvestav, particularmente el Departamento de Matemática Educativa, ha trabajado en la formación de recursos y tiene una experiencia notable. Así que no solamente al hacer investigación, sino también al hacer esa tarea de formación, los investigadores son piezas estratégicas en el diseño de los currícula.

Los departamentos educativos del Cinvestav surgieron por esa necesidad de que una investigación fuera aplicada de manera inmediata y de que había una aplicación cuyas interrogantes exigían una investigación mayor. Me parece muy claro que son los centros e institutos los que tienen cosas importantes que decir. Un ejemplo son los cursos compensatorios. Hay toda una acción compensatoria del gobierno sobre aquellas escuelas que tienen un índice de mayor dificultad, puesto que están ubicadas en zonas socioeconómicas de mayor pobreza. Ahí el Cinvestav ha llevado a cabo una mayor investigación como consultor.

AyP: Un consultor es un diseñador de estrategias. ¿Cómo es el innovador de los 90?

JA: La reforma de los años 70 aún padeció mucho de esa verticalidad de las decisiones gubernamentales y la atomización de las tareas y objetivos. Ahora la relación se establece entre comunidades maduras, autónomas, que

surgen en instituciones académicas. Es importantes hacer hincapié en la formación particular de estos investigadores, educados ya no a la vieja usanza del equipo interdisciplinario, en el estilo de "aquí pongo al educador, acá pongo al matemático, más acá al planeador educativo". En veinte años los departamentos de investigación educativa se formaron a la par de los laboratorios y participaron de muchas maneras en la construcción de los modelos científicos imperantes. Muchos de los investigadores que se formaron desde entonces pudieron reunir su interés por la ciencia y por investigar la naturaleza misma de los procesos educativos. Son algo más que educadores, pues su formación de origen, por ejemplo, matemática es fuerte. Y son algo más que matemáticos, pues uno de los síntomas esenciales de la reforma de los 90 es la revaloración de la imagen docente.

GW: Quisiera hacer una digresión pero que tiene que ver con el perfil del investigador educativo como innovador. Si bien los procesos de investigación y de toma de decisiones o diseño de políticas educativas son complementarios, tampoco son subsidiarios uno del otro. Creo que esto se debe conservar, que deben de mantenerse independientes por el bien de la investigación y por el bien de la toma de decisiones. A veces los tiempos políticos son distintos a los tiempos de la investigación, y a veces los objetivos políticos son distintos a los objetivos universitarios o académicos. Además, esta autonomía permite el crecimiento sano.

TR: Sin embargo, la crítica se practica poco en nuestra cultura. Ante las innovaciones el investigador siempre tiene la posibilidad de hacer una crítica y ésta se ejerce poco en nuestro medio.

EB: Creo que, en general, no hay crítica porque los investigadores no suelen escribir para los maestros. En la medida que aprendan a difundir sus ideas, accederán a un público mucho más amplio en beneficio de la cultura nacional. No hay que soslayar, además, cierta dependencia de la cultura de la traducción. No podemos seguir interpretando el sistema educativo mexicano a partir de lo que pasó en Inglaterra o en España. Y no es que en México no podamos hacer este tipo de libros, es que pareciera que, por alguna razón, no forman parte de las tareas que los investigadores se imponen a sí mismos para difundir sus ideas.

AyP: ¿Se puede hablar de nuevos paradigmas



en la enseñanza de las ciencias naturales y las matemáticas?

TR: Tal vez. Uno podría ser la introducción de temas como la pre-álgebra, que no se enseñaba antes y que permite al niño transitar de manera ordenada entre la primaria y la secundaria, a lo largo de uno de los ejes temáticos. Otro es el aprendizaje colaborativo, donde los niños trabajan por grupos y alrededor de proyectos, y se desalienta el trabajo tan individual que se daba antes en el aula.

GW: Creo que vale la pena mencionar la reivindicación del niño como sujeto, alguien que tiene sus propias explicaciones del mundo y cómo éstas encajan o no en la naturaleza. Ya no se enseñaría una ciencia discursiva, repetitiva y sin razón sino una ciencia de los sentidos, diseñada con la letra viva. No se trataría tampoco del activismo de los 70, que suponía que había que poner a mover al niño; ahora se trata de incorporar más bien una serie de actividades intelectuales necesarias para la construcción del conocimiento. Lo que sabemos sobre cómo evolucionan las preconcepciones y las explicaciones ingenuas en el niño conforman, por ejemplo, un paradigma importante.

JACH: Es preferible enseñar menos que más. Si el discurso plantea pocos problemas y aborda menos temas podrá desarrollarlos con profundidad, poner en conflicto las preconcepciones del niño y resolverlas. Se aprende a la ida y al regreso, del equívoco y de la corrección. Eso toma tiempo.

Fascinación por la tecnología

AyP: ¿Hay que enseñar la tecnología a los niños, cuál tecnología?

JA: Bueno, nada de lo que es humano debe dejar de enseñarse. Al menos desde el renacimiento la necesidad de inventar, por ejemplo, un reloj para el navegante, fue una gran promotora de las matemáticas. Creo que los sistemas educativos tienen que entender el hecho de que se vive en un mundo en donde cada vez la tecnología está más visible y, al mismo tiempo, rechazar los argumentos que no aprecian de manera suficiente la cultura científica. Transmitir a los muchachos únicamente los aspectos utilitarios de la ciencia, que, además, son los que menos se aplican, en banalizar la enseñanza.

AyP: Y la computadora, ¿no banaliza la enseñanza?

EB: Empezamos hablando de tecnología y acabamos en las computadoras, y creo que no son la misma cosa. Si bien la computadora es una tecnología, está muy lejos de entrar en el aula. En cambio, la tecnología es algo más antiguo y que forma parte de muchas de nuestras tradiciones. La tecnología está presente en los libros de texto gratuito de ciencias naturales. En ellos hay diversos ejemplos de modelos y aparatos que introducen a los niños en la resolución de problemas científicos. Con cuatro elementos sencillos los niños construyen, por ejemplo, un horno de energía solar y cocinan en él malvaviscos.

Ahora bien, a la computadora la pondría en otro renglón. Se ha visto como una panacea y no es así. Uno no puede pretender que los alumnos vayan a aprender a leer y a escribir mejor y más rápido gracias a la computadora. El asunto es cómo la usan. La computadora tampoco puede pensarse como un sustituto del maestro. Hay que descubrir entonces el valor agregado de la

computación. Y para ello hay que diseñar criterios que decidan cuándo usarla y cuándo no. Si vamos a usar la computadora para hacer cosas que se podrían hacer exactamente igual con lápiz y papel, la inversión es inútil, desde el punto de vista educativo y financiero.

JACH: Yo creo que la computadora genera habilidades diferentes. Aún no podemos decir si son mejores o peores. No está probado que el someter a un niño a sesiones de computadora lo haga un mejor alumno. Las computadoras ofrecen otras posibilidades, de acceso a la información, de simulación que no es posible describir con palabras; además, generan otras habilidades. Sin embargo, es un hecho que la lectura de libros en papel y tinta es lo esencial. En cuanto al "manos a la obra" primero hay que enseñar bien los conceptos mecánicos y termodinámicos, calor, vacío... Esa es la tecnología de escuela primaria.

AS: Me parece que es un poco como el asunto de la experimentación. Todos sabemos que muchos experimentos, por sí mismos, no favorecen un mejor aprendizaje. Si éste ha de ser significativo para el alumno, con mensajes que queden para toda la vida, eso dependerá más de las estrategias que del instrumento en sí.

JA: Además, la computación puede ser un riesgo. Aquí yo creo que la situación no es tan extrema pero en los Estados Unidos, por ejemplo, es muy evidente que hay una tendencia a prescindir de la enseñanza del álgebra, puesto que existen los programas correspondientes. Y esto puede ser peligroso, ya que el álgebra no es un instrumento de cálculo sino de pensamiento, que se concreta muchas veces en el cálculo. Pero es algo más. Hay, desde luego, un riesgo cuando se usa en forma irreflexiva la calculadora.

En cuanto a la reforma, creo que debemos ser muy ambiciosos en la educación, muy ambiciosos y muy realistas al mismo tiempo. Saber que en este momento estamos planteando metas a mediano plazo, y en esa perspectiva debe verse a la computadora. ¿Qué tal si nos equivocamos al tomar una decisión y la computadora desplaza partes que luego redescubrimos como importantes? Va a ser muy difícil convencer a la gente de que si ya existe una paquetería que sustituyó al álgebra, ¿para qué regresar a estudiarla?

La figura del maestro: ¿es posible el cambio?

AyP: ¿Cómo debería cambiar un maestro que ha sido educado en la vieja guardia? ¿No hay el temor de que pierda el control?

EB: Yo creo que el cambio es posible, y tan es posible que todos estamos aquí, pensando cómo hacer la enseñanza de las ciencias más clara y accesible a un mayor número de personas. Es difícil pero posible, así como evaluar es indispensable en cualquier tarea educativa. Ahora bien, la enseñanza no tiene por qué darse en un clima de tiranía o de exceso. Tampoco creo que sea posible trabajar en una aula en la que no exista un control, en la que el maestro no sea reconocido como una cierta autoridad. La reforma de los 90 también renovó esta perspectiva. Ya no pensamos solamente en el maestro, quien es el que sabe y el que dice, sino también en el alumno, quien también reflexiona. Nos preocupa, asimismo, que aprenda cosas, sí, pero que al mismo tiempo desarrolle ciertas competencias y habilidades. Por eso la evaluación tiene que ser distinta y tiene que voltear a mirar a este sujeto que aprende, no a un objeto dócil y maleable.

GW: Hay que convencer a los maestros de que tal y cual innovación le traerán beneficios; hay que imbuir al mismo tiempo a las nuevas generaciones de docentes de este espíritu de la reforma. Así, cuando se trata de actualizar a los maestros ya formados, la Secretaría optó por los cursos de actualización, que ponen mucho énfasis en la autoformación y en la autoactualización. Es una manera de hacerlo y no sabemos cómo va a resultar, ya que partimos del hecho de que cada uno tiene sus propias concepciones e interpreta lo que oye, lo que ve y lo que lee de acuerdo a sus propios esquemas. Los maestros reciben los materiales y están haciendo una lectura a partir de sus propios esquemas conceptuales y desde su propia experiencia vivencial y profesional. Qué va a pasar ahí, este es un tema de investigación.

EB: Este nuevo enfoque de trabajo con los maestros está plasmado en los planes de estudio de una manera flexible, pues no se trata de un ideal que uno quiere clonar. Permite que cada uno de ellos lo adapte a su forma de trabajo. Por otra parte, vale la pena decir que la respuesta a los programas de actualización fue multitudinaria.

Para mí esto es una muestra de que el magisterio está pidiendo una nueva manera de hacer las cosas. Cuando uno dice: "yo quiero actualizarme en esto" es porque está aceptando que algo de su práctica tiene que cambiar.

La evaluación: ¿un nudo gordiano?

AyP: ¿Cómo cambiará la evaluación del alumno a la luz de las innovaciones y las recientes tecnologías?

JA: La enseñanza tradicional nos dejó un proceso de evaluación muy identificado con la aplicación de exámenes y la calificación de los alumnos. La reforma de los 70 hizo de la evaluación un sinónimo de "construcción de instrumentos" o "pruebas objetivas" para evaluar el aprendizaje. Hoy existen dos prerrequisitos importantes que cumplir en la evaluación de los 90. Uno, que el profesor sepa identificar actividades concretas para el muchacho a partir de los enfoques y orientaciones generales que constituyen los programas. El otro es que aprenda a distinguir con claridad aquellos contenidos que permiten el tránsito de un alumno en su educación, es decir, los que sirven para que pase de primero a segundo, etc., de aquéllos que derivan en experiencias necesarias para que el conocimiento tenga sentido en la perspectiva del niño. Hasta que el maestro lleve a cabo estas consideraciones podremos plantearle mejor el problema de la evaluación.

AS: En un reciente seminario patrocinado por la OCDE² sobre innovaciones educativas, se mostró claramente la tendencia en ciencias y matemáticas a centrar la experiencia en el aula y a evaluar el aprendizaje, y esto conlleva la aceptación tácita de que la evaluación es un asunto individual y que tiene complicaciones especiales en cada país. Las estrategias sugieren, por ejemplo, en el caso de México, recurrir a trabajo en equipo, en el que se puede combinar lo individual para detectar, en un momento dado, avances en el aprendizaje de ciertos temas de ciencias naturales y sus diferentes asignaturas, química, biología y física, que ya sabemos dónde causan dificultad.

GW: Los nuevos enfoques imponen un cambio en los propósitos de la evaluación. La evaluación ha sido usada como un medio para seleccionar, inclusive estigmatizar y clasificar, y no como algo que retroalimente, ni



al maestro ni al alumno. Aunque en muchos estudios sobre la evaluación se diga que ésta debe ser formativa, casi nunca lo es. La evaluación tiene que ser vista como parte del proceso de aprendizaje, no como algo adicional. Tomarla como un medio más para que el muchacho aprenda y quitarle todas esas connotaciones negativas debería ser un cambio fundamental.

JACH: Vale la pena apuntar que la autoevaluación en este terreno es muy cualitativa, sobre todo con niños pequeños. El alumno debe tener parámetros muy claros en dónde se está moviendo, de otra manera se pierde. Igual sucede con el profesor, quien por ser un adulto debería poder moverse más fácilmente. Ser adulto es un proceso de la vida y hay que establecer márgenes de referencia. Si estos márgenes no están bien definidos en un acto escolar, los alumnos pueden irse por la tangente.

AT: Hay que decir que en muchos países estamos reflexionando acerca de cuál es el currículum que debe desarrollarse en las escuelas, en un momento en el que se está ampliando la escuela obligatoria y se está generalizando la educación secundaria. Así que se trata ya no tan sólo de preparar a los que van a ser los universitarios del futuro sino al común de los ciudadanos. Las ideas sobre la construcción del conocimiento han obligado también a pensar otra vez qué significa evaluar el aprendizaje. Yo también creo que es un campo del que sabemos poco. Se habla mucho hoy en día de la

perspectiva constructivista del aprendizaje y de la enseñanza pero luego, a la hora de evaluar, las prácticas siguen siendo las mismas. Esto crea un contrasentido, que responde también a lo que es la cultura escolar en términos generales. Yo creo que se requieren de modelos de evaluación concordantes con las nuevas teorías de construcción del conocimiento. ¿Cuál es la calidad de la educación que se está proporcionando? Ya no basta con dictar normas, buscar una inspección o una supervisión, como le llaman en algunos países latinoamericanos. Ahora hay que buscar otros modelos más acordes con los nuevos modos de gestión pública, por ejemplo, dar autonomía a aquéllos que tienen que desarrollar tareas.

Hay, además de un ámbito de la evaluación dentro del aula, una evaluación externa en los centros educativos, una evaluación de la sección docente y de la función directiva y, finalmente, la evaluación del sistema educativo. Yo creo que ahí se están empezando a hacer cosas, si bien parciales. Muchas veces reducimos la evaluación del sistema educativo a la aplicación de una serie de pruebas a los alumnos de determinados niveles y grados. Bueno, es un paso pero creo que habrá que ir más allá. Me parece que actuamos por intuición, sin saber, muy bien hacia dónde vamos. No sólo en España, ésta es una situación bastante generalizada en muchos países. Francia, Portugal, Inglaterra, Suecia y Noruega están enfrentados a problemas muy parecidos a los de México, Brasil, Argentina, Chile y Colombia.



AyP: ¿Esto respondería más a un fenómeno de comunicación de masas que a una necesidad de renovar? ¿Piaget llegó en jet a los confines del mundo?

AT: La comunicación global es un hecho. En efecto, el tiempo que llevó hacer llegar las ideas de Piaget a lugares tan remotos fue muy corto. No son totalmente ficticias, lo que pasa es que hay cada vez más interacción entre los universitarios e investigadores del mundo, quienes van de un sitio a otro y, de esa manera se crean unas redes transnacionales fuertes que caracterizan el cosmopolitismo de finales de siglo. Y en ello está inmersa la evaluación de los diversos niveles en los sistemas educativos.

El magisterio del próximo siglo

AyP: ¿Cómo mantener actualizado al magisterio y cómo formar las nuevas generaciones en el espíritu de la reforma actual?

EB: En términos operativos, se empezó por los profesores en servicio. Por supuesto, son mucho más numerosos y estarán activos un largo tiempo. El Programa Nacional de Actualización Permanente para los maestros de educación básica en servicio dio inicio en 1996. Los centros de maestros tienen algunos recursos: bibliotecas,

aulas, lugares donde se pueden reunir, acceso al sistema EDUSAT y a los asesores que pueden atender a maestros que deciden no ser autodidactas solamente sino que les gusta formar círculos de estudios, entre otros. Lo importante en este momento de la reforma educativa en México es arropar la actualización, tarea que no puede ser exclusiva del maestro. No podemos decirle: "Aquí está su curso de autodidacta y se va usted solito". En realidad, lo que se tiene que hacer es acompañarlo con buenos materiales de divulgación científica.

Por otro lado, sería absurdo hacer ese trabajo y no atender la formación inicial y permitir que los nuevos maestros sigan formándose con planes que responden a necesidades curriculares caducas de la educación básica. Se tiene que trabajar con ambos grupos. De hecho, el nuevo programa de educación normal tiene una fuerte componente basada en la práctica, así que desde que el nuevo maestro ingresa en la normal va a la escuela primaria. Lo que estamos diciendo a los maestros en servicio con esto es que su práctica y su experiencia en la evaluación importan, y tan importan que están participando directamente en la formación de los nuevos maestros.

JA: Aunque quizá los profesores en servicio van a tardar un poco en adaptarse a los nuevos enfoques, al final reconocerán que toda su experiencia docente ha sido

incorporada a los programas. Ahora bien, cuando los profesores que están en formación entren en contacto con ellos se generará un encuentro muy rico, puesto que entonces ninguno estará en desventaja.



Notas

1. En 1989, la OCDE emprendió una investigación en gran escala sobre cómo la enseñanza de las ciencias naturales, las matemáticas y la tecnología está cambiando en los países miembros. Evaluaciones realizadas a nivel mundial, como aquellas conducidas bajo los auspicios de la Asociación Internacional de Evaluaciones Educativas (IEA), han proporcionado durante decenios información muy importante acerca de lo que los estudiantes pueden hacer en ciencias naturales y matemáticas. Sin embargo, y sin excepción, cada país miembro de la OCDE está tratando de realizar cambios en cuáles materias han de enseñarse y cómo enseñarse. En consecuencia, funcionarios de los países miembros de la OCDE expresaron la necesidad de un conocimiento detallado de las innovaciones mismas, con el propósito de documentar sus propias políticas. ¿Cómo exactamente están cambiando estos temas? ¿Por qué? ¿Cuáles son las estrategias que se están utilizando para poner en marcha los nuevos programas? ¿Son eficaces? El proyecto de la OCDE trata de responder estos cuestionamientos.

2. Cuernavaca, Mor., 12 al 15 de octubre de 1997.



Cono de sombra, de José-Leonel Torres, Siglo XXI Editores, serie La Creación Literaria, 1997

Miguel Angel Pérez Angón



C. P. Snow¹ puso de manifiesto hace casi 40 años la separación entre las dos culturas, la científica y la humanística. La brecha entre ambas culturas sigue profundizándose cada vez más y, en consecuencia, no abundan los autores que sean capaces de cruzarla y salir airoso del trance: Ernesto Sábato, Roald Hoffmann, Carl Sagan, Gabriel Zaid, Carlos Chimal, ... José-Leonel Torres pertenece a esta moderna estirpe de

Janos de la cultura. Como Roald Hoffmann², premio Nobel de Química 1981, José-Leonel Torres ha tendido un puente entre las dos culturas para explorar con éxito los terrenos contradictorios de las palabras y las cosas. Oriundo de San Andrés Tuxtla, Veracruz, José-Leonel realizó sus estudios de licenciatura en física en la Escuela Superior de Física y Matemáticas del IPN (ESFM-IPN) y de doctorado en física de altas energías en la Universidad de California en Berkeley. Tras una breve estancia como investigador en la misma ESFM-IPN, emigró a la Universidad Michoacana donde ahora es director del Instituto de Física y Matemáticas. A esta transición geográfica correspondió un cambio en su interés de investigación; dejó la física de partículas elementales por los temas menos exóticos de la biofísica. Esta mudanza la ha realizado con inteligencia, pues sus análisis estadísticos de secuencias genéticas han tenido amplia repercusión en revistas como *Nature*³.

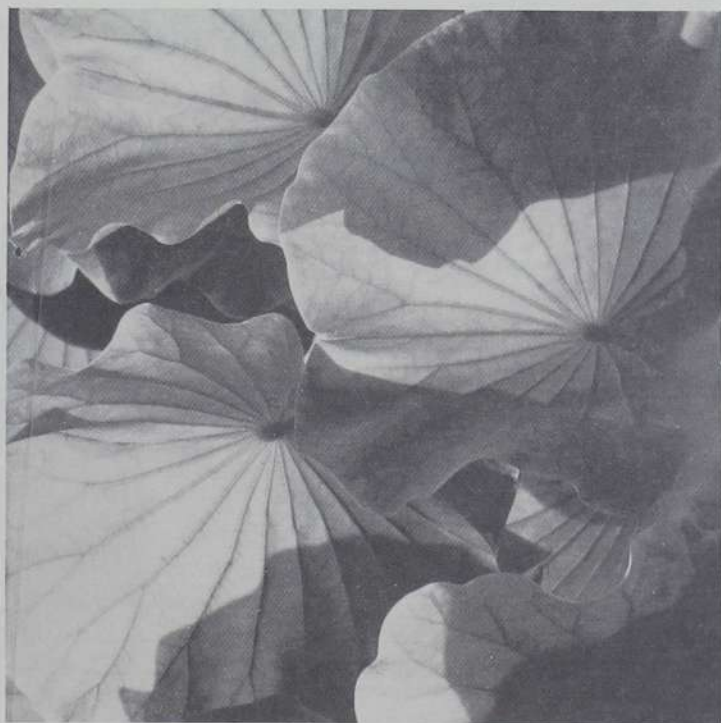
En el terreno de la creación literaria, *Holograma* (1994) es su primer libro de poemas; tiene uno más de ensayos, *En el nombre de*

El Dr. Miguel Angel Pérez Angón, investigador titular y jefe del Departamento de Física del Cinvestav, es miembro del Consejo Editorial de Avance y Perspectiva.



Darwin (1995), y una novela, *Canción de cuna* (1983). La editorial Siglo XXI acaba de publicarle su segundo libro de poesía, *Cono de sombra*, anunciándonos que en “la poesía mexicana contemporánea había un lugar esperado para la voz de José-Leonel Torres”.

Aun cuando —nos dice también Siglo XXI— en el medio literario “sus versos sonaron extrañamente en algunos pocos oídos perspicaces”, para los que estamos inmersos en el ámbito científico la estructura de sus metáforas, llenas de ironía y firmeza, nos resultan familiares, transparentes muy cercanas a nuestras vivencias académicas. En seguida transcribo algunas de mi propia selección, invito al lector curioso a hurgar en el libro de José-Leonel Torres y detectar sus propias resonancias.



No será una ecuación la raíz de las cosas,
el pebetero de las causas últimas.

....que el mundo se renueva en su expansión
y hay para todos
en los signos fractales de mi curva de vida
y en la siguiente cifra decimal.
(Vedanta)

Cuando la perfección me coquetea
con ademanes falsos
cuando su métrica absoluta, estéril
contamina la atmósfera del arte,
abro a los cielos mi ventana, de par en par
y la luna interrumpe mi verso cartesiano
con torres de música y hormonas.
(Poema cartesiano)

No es lo mismo un modelo
poético del mundo
que un mundo poético.
(Lorca)

No vengo a inventar teoremas
ni a examinar hormonas,
vengo a perderme en tu curvatura.
Malhaya el sol de la media noche.
La lira canta al sonarla y el vino se hace al beberlo.
Cuerpo a cuerpo.
Vamos a usarnos químicamente
como bacterias afines.
(Solitones)

Platónico no es nuestro amor.
Tu recuerdo me inunda la boca de saliva.
Quién pudiera llenar tus espacios vacíos
a las tres veintidós de la mañana,
quién pudiera sembrar resonancias
resbalando a ciegas por tu humanidad.
(Belladona)

Ámate locamente,
sólo así podrás amarme.
Ya después lo haremos juntos
con la aritmética falsa
de la gente de razón,
de dos en dos.
(Mónada)

Sabido el fin de los dinosaurios por una estrella fugaz,
comprobado el instinto certero del Gran Matador
ya no hago planes para veinte años. Ni hago preguntas.
Me basta un minuto a la vez, bien vivido.
(Ismael)

Notas

1. C. P. Snow, *The two cultures and the scientific revolution* (Cambridge University Press, Londres, 1959).
2. En *Avance y Perspectiva* hemos publicado una selección de poesía de Roald Hoffmann (11, 384, 1992; 14, 212, 1996) y de sus inquietudes por la creación literaria y el desarrollo de la actividad científica en los países en desarrollo (14, 267, 1995).
3. Véase, J. L. Torres, *Nuovo Cim.* **D13**, 177 (1991).



Física de altas energías (teoría y experimento)
Física del estado sólido (teoría y experimento)
Física estadística (teoría y experimento)
Relatividad general
Física matemática
Física nuclear

Se apoyará en los trámites de becas a todos
los estudiantes admitidos a la maestría
y al doctorado



Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN

Departamento de Física

Maestría, Doctorado, Posdoctorado

exámenes de admisión

maestría: 2-3 de marzo y 1-2 de junio de 1998

doctorado: cualquier época del año

cursos propedéuticos de 3 meses en marzo y junio

Departamento de Física, Cinvestav
apartado postal 14-740, 07000 México, D.F.
Tel/Fax: (52-5)747 7096, 747 7097, 747 7098

admission@fis.cinvestav.mx
<http://www.fis.cinvestav.mx>

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN

Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias

Programa 1998

Doctorado en Ciencias

Especialidades en:

Fisiología celular y molecular
Neurobiología celular y molecular
Fisiología médica y experimental

El Departamento cuenta con 30 investigadores en las áreas de:

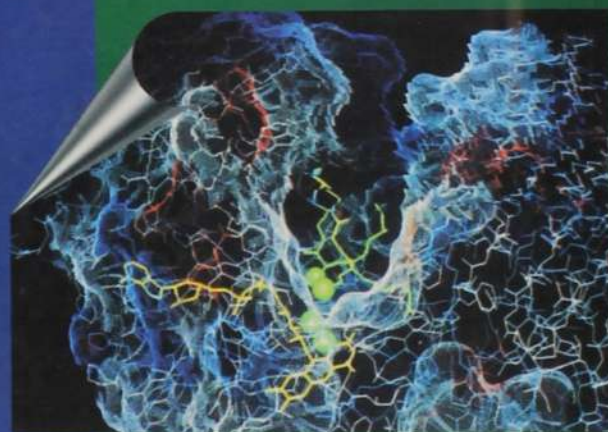
Fisiología celular,
Biología celular y molecular de canales iónicos
Fisiología y farmacología cardiovascular
Fisiología de la reproducción
Endocrinología
Neurobiología molecular
Terapia génica
Neurofisiología integrativa y neurofarmacología

Programa Directo (5 años)

Doctorado Directo:

Examen de admisión: julio de 1998

Inicio de cursos: septiembre de 1998



Informes

Dr. José Antonio Arias Montaña, Coordinador Académico

Fax: 747 71 05, e-mail: jaarias@fisio.cinvestav.mx

Tel. 747 70 00 exts. 5194, 5195, 5150 <http://www.fisio.cinvestav.mx>

Av. IPN No. 2508 esq. Av. Ticomán, Col. Zacatenco G. A. Madero México, D. F. 07360