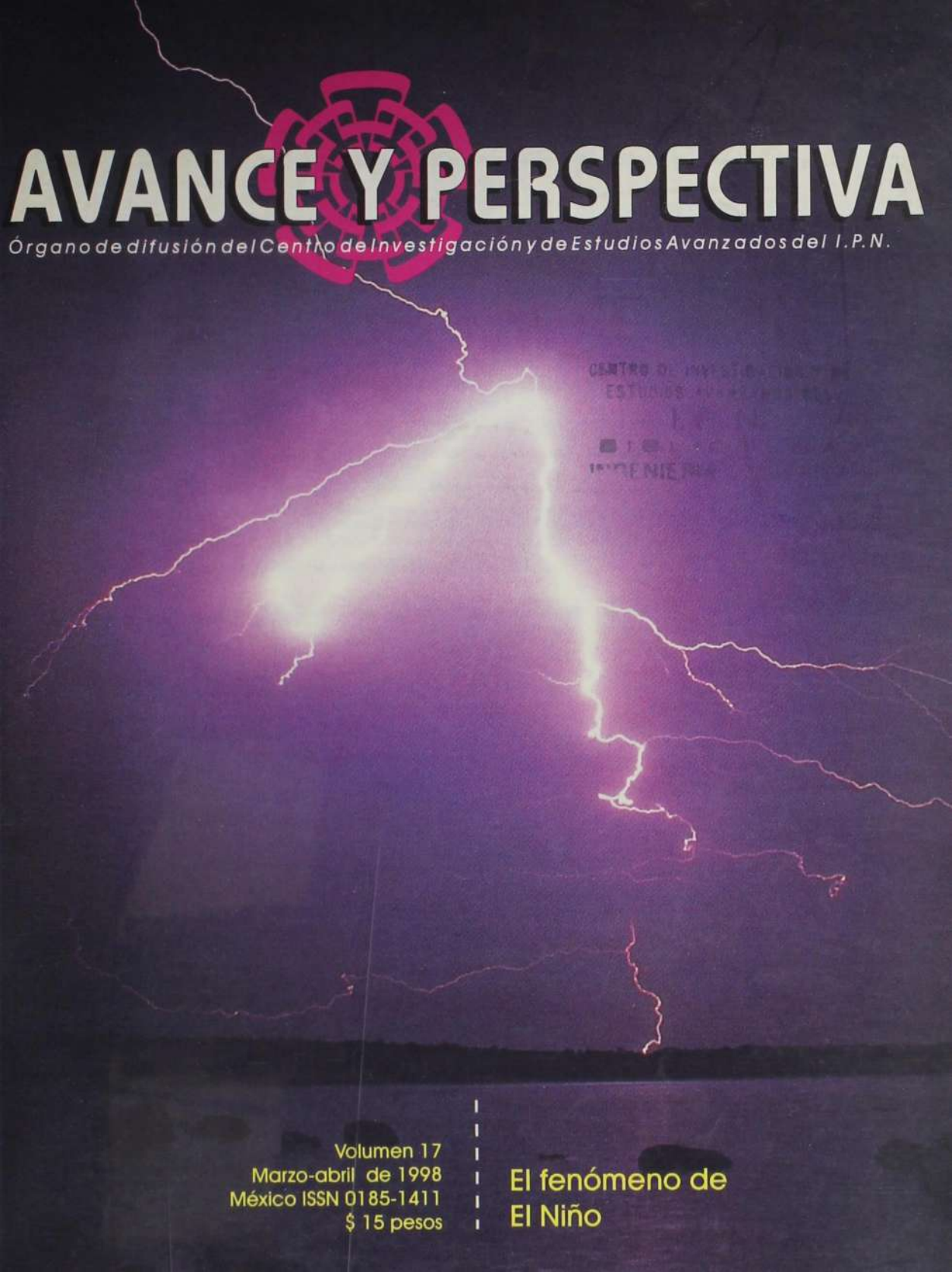




AVANCE Y PERSPECTIVA

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

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Volumen 17
Marzo-abril de 1998
México ISSN 0185-1411
\$ 15 pesos

El fenómeno de
El Niño



El Colegio Nacional

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

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



**ofrece los títulos de sus miembros
e invita a visitar su Biblioteca**

Luis González Obregón núm. 23, Centro Histórico, Tel. 789 43 30 Fax. 702 17 79



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

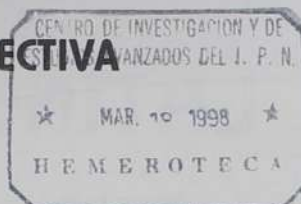
CONSEJO EDITORIAL
René Asomoza
INGENIERIA ELÉCTRICA
J. Víctor Calderón Salinas
BIOQUÍMICA
Luis Capurro Filigrasso
UNIDAD MÉRIDA
Marcelino Cerejido
FISIOLOGÍA
Eugenio Frixione
BIOLOGÍA CELULAR
Jesús González
LAB. DE QUERÉTARO
Luis Herrera Estrella
UNIDAD Irapuato
María de Ibarrola
INVESTIGACIONES EDUCATIVAS
Eusebio Juaristi
QUÍMICA
Luis Moreno Armella
MATEMÁTICA EDUCATIVA
Miguel Ángel Pérez Angón
FÍSICA
Héctor M. Poggi
BIOTECNOLOGÍA
Gabino Torres Vega
FÍSICA

Consulte nuestra página
de Internet:

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

RESPONSABLE
Valente Espinoza

AVANCE Y PERSPECTIVA



SUMARIO

Vol. 17

marzo-abril de 1998

- 67 *El fenómeno de El Niño: Oscilación del Sur*
Luis Capurro
- 77 *Tendencias actuales en la literatura biológica*
Y. M. Camacho, J. F. Jiménez, N. Marsch, M. S. Parra, Y. J. J. Peña,
J. G. Ramírez, V. C. Ramírez, R. Rodríguez y J. Ruiz Herrera
- 85 *Fenómenos microscópicos: un enfoque alternativo*
Gabino Torres Vega

PERSPECTIVAS

- 93 *Evaluación Académica: ¿ocaso de los criterios numéricos?*
Bogdan Mielnik

INNOVACIONES EDUCATIVAS

- 101 *Evaluación e innovaciones en el aprendizaje*
Paul Black

NOTICIAS DEL CINVESTAV

- 107 *Feliciano Sánchez Sinencio, Premio Nacional de Ciencias y Artes 1997*
Jorge Cerbón, Investigador Emérito Cinvestav
Siete investigadores del Cinvestav ingresan a la Academia
Mexicana de Ciencias

LIBROS Y REVISTAS

- 111 *Enantioselective Synthesis of β -Amino Acids*
Jaime Escalante

ESPACIO ABIERTO

- 115 *La máquina de cantar*
Gabriel Zaid

Portada: Las tormentas eléctricas son las perturbaciones meteorológicas más visibles producidas por el fenómeno de El Niño.

Foto: Bill Ivy

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 marzo-abril de 1998, volumen 17, se terminó de imprimir en febrero de 1998. 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 222021122, otorgado por el Servicio Postal Mexicano. *Negativos, impresión y encuadernación:* Litográfica Electrónica, S.A. de C.V. calle Vicente Guerrero 20A 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 1997 página 54. 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: \$ 90.00



FT009552

LATINCORR 98

3rd. NACE Latin American Region Corrosion Congress
6º Congreso Iberoamericano de Corrosión y Protección

Marriott Casa Magna
Cancún, México

August 30 - September 4, 1998

- Atmospheric corrosion
- Coatings and linings
- CO₂ and H₂S corrosion
- Corrosion in power stations
- CYTED meetings of DURAR, PATINA, BIOCRR and RICORR
- Electrochemical testing and monitoring in industry
- Environmental assisted cracking
- High temperature corrosion
- Industrial experiences in cathodic protection
- Inhibitors
- Lead, heavy metals and toxic solvents in paints
- Localized corrosion
- Materials performance in marine environments
- Microbially induced corrosion
- MIC-biodeterioration
- Modern spectroscopy in corrosion science
- Modification of metal surfaces
- Paints for the nuclear industry
- Plastic deformation interactions in SCC
- Reinforced concrete durability and rehabilitation
- Transport industry

Organizers:

NACE Latin American Region
Asociación Iberoamericana de Corrosión y Protección

Section Mexico of NACE
Academia Mexicana de Ciencia de Materiales, A. C.

Simultaneous with the International Materials Research Congress 1998

El fenómeno de El Niño: Oscilación del Sur

Luis Capurro

Introducción

Conocer el comportamiento de la atmósfera y del océano no ha atraído el interés del público que, en general, no tiene una idea clara de las dificultades que deben enfrentar los expertos en las ciencias atmosféricas y oceanográficas para comprender y, mucho más, predecir los complejos fenómenos que tienen lugar en esos fluidos geofísicos que interactúan permanentemente.

Por razones obvias, el ciudadano común quiere saber el estado del tiempo en los próximos días, en términos de temperatura del aire, humedad, lluvia y vientos, información que vía periódicos o televisión le llega en forma de datos numéricos, que no contribuye mucho a su educación ambiental. Casi ha desaparecido la técnica antigua de mostrar la "carta del tiempo", cuyo dato básico predictivo era la distribución espacial de la presión atmosférica (isobárico) con todos sus elementos atmosféricos relacionados y que requería de cierta experiencia para interpretarla, pero que ayudaba a comprender cómo trabajaba la atmósfera a corto plazo. Hoy en día se muestra el recubrimiento nuboso para explicarnos el pronóstico del tiempo, basado en observación directa de satélites meteorológicos, lo cual es una demostración bien realista del estado del tiempo, pero que no ayuda a comprender cómo funciona la atmósfera. Fenómenos en mayor escala de tiempo, como es el clima, no atraían la atención del público.

El Dr. Capurro es investigador titular del Departamento de Recursos del Mar de la Unidad Mérida del Cinvestav y miembro del Consejo Editorial de Avance y Perspectiva.

Dos nuevos acontecimientos de envergadura y de amplia difusión mundial han tenido y tienen preocupada a la población del planeta por sus implicaciones ambientales: el calentamiento de la atmósfera, con un probable ascenso acelerado del nivel del mar, y el fenómeno de El Niño, ambos de proyección global. Estos ejemplos han servido para despertar la curiosidad de la gente por comprender sus causas e impactos en el ecosistema, curiosidad que finalmente redundará en mejorar su educación ambiental.

Con motivo de la Semana Nacional de la Ciencia y Tecnología (13-17 de octubre de 1997), se registró un creciente número de consultas a todos los niveles sobre estos problemas. Esto ha sido un hecho gratificante y me ha motivado a escribir este artículo de divulgación, que apunta a explicar lo que en la actualidad se sabe sobre el fenómeno de El Niño, incluyendo su naturaleza, historia, causas, mecanismo y estado de predicción y monitoreo. Abona a esta motivación el hecho que nos encontramos en la actualidad en un evento de El Niño, que apunta a ser uno de los más rigurosos hasta ahora conocidos, y cuyos efectos en México ya se han hecho sentir.

Orígenes y avances

El origen del nombre de El Niño se proyecta a un serio problema ambiental que se manifestaba en el litoral de Perú, con extensiones a Chile y Ecuador, y según la tradición con presencia durante el mes de diciembre. Para comprenderlo, es pertinente aclarar las características meteorológicas y oceanográficas del litoral de esos países, en particular en Perú.

Las aguas costeras peruanas se caracterizan por su alta productividad primaria (fitoplancton) que se traduce en una eficiente cadena alimenticia por su extraordinaria producción de peces de escama, ubicados entre el segundo y tercer nivel trófico, como son la anchoveta y/o sardina, además de otros componentes de la biota. Esta baja ubicación en la trama alimenticia significa que estos peces aprovechan gran parte de las pasturas del mar sin la pérdida de energía alimentaria que ocurre en peces como el atún, que se le encuentran ubicados en niveles tróficos superiores. Aunque la comparación no es exacta, se le equipará tróficamente con las vacas

herbívoras que comen directamente el pasto. La trama alimenticia del mar no es muy eficiente ya que se pierde bastante energía en cada etapa de esa trama (nivel trófico).

El proceso responsable de esta alta productividad es el fenómeno conocido como surgencia de aguas profundas (*upwelling*): los vientos predominantes a lo largo de la costa son de sur a norte, lo que implica que sus esfuerzos sobre la superficie del mar se traducen en un movimiento de las capas superiores hacia el oeste, es decir, hacia el alta mar.

Para reemplazarla, es decir, mantener el principio de conservación, el agua profunda dentro de los 20 kilómetros de la costa asciende a razón de 2 a 10 metros por día desde una profundidad que va de 100 a 300 metros. Esta agua profunda, muy rica en nutrientes, llega a la superficie y es desplazada también hacia el oeste, aumentando el tamaño de la zona productiva. Su riqueza en sales nutritivas, i.e., compuestos de nitrógeno, fósforo, sílice, no puede ser consumida en la profundidad pues no hay suficiente luz solar para que el fitoplancton la aproveche, pero cuando llega a la superficie ocurren desarrollos masivos de pequeñísimas plantas (fitoplancton). El zooplancton, que es la versión animal del fitoplancton, se alimenta de esas plantas y se multiplica. Los peces, que son el próximo eslabón en la trama alimenticia, se benefician de esa surgencia. Esta fertilización natural de las aguas superficiales explica la alta productividad biológica.

Este fenómeno de surgencia costera ocurre también en latitudes medias, como en las costas de Baja California, de California y Oregon, pero es estacional y no casi permanente como en Perú. En la jerga oceanográfica, este transporte de agua por el viento se conoce como la "deriva por viento de Ekman" o transporte Ekman, después que V.W. Ekman explicó en 1903 por qué el hielo marino se desviaba a la derecha de la dirección del viento en el Ártico. La fricción que el viento ejerce sobre la superficie del agua se transmite hasta una cierta profundidad que depende de la intensidad y persistencia del viento y de la viscosidad del agua (capa de mezcla). Debido a la rotación de la tierra, que afecta al movimiento del agua en relación con un observador que rota también con la tierra, el desplazamiento del agua se desvía a la derecha en el hemisferio norte y a la izquierda en el hemisferio sur. El transporte total del agua



en la capa de mezcla es perpendicular a la dirección del viento (a la izquierda en la costa peruana).

Hasta la primera mitad de este siglo, la pesquería peruana era limitada y de carácter artesanal. La abundancia de anchoveta era aprovechada por un número impresionante de aves marinas, que a su vez generaban grandes cantidades de guano (estiércol) que era explotado industrialmente por su gran valor como fertilizante orgánico.

Cada año, fuera de las costas de Ecuador, en el Golfo de Guayaquil, alrededor de Navidad, se desprende de la contracorriente ecuatorial del sur una lengua de agua con temperatura entre 6 y 7 grados centígrados mayor que la de las aguas que la rodean y mucho más baja en salinidad. Este evento se conoce como El Niño, o para ser más preciso El Niño Cristo, símbolo de la Navidad. Esta corriente es fuertemente reforzada en forma periódica de modo que se extiende hacia el sur y llega hasta el norte de Chile. Cuando esto sucede, la surgencia profunda queda suprimida. En la época previa a que Perú se convirtiera en una potencia pesquera antes de 1950, el resultado de El Niño era la desaparición de la anchoveta, lo que dejaba sin alimento a las aves marinas que morían en grandes cantidades. La putrefacción de sus restos creaba serios problemas a la salud del ecosistema, en particular un ennegrecimiento de las estructuras terrestres, por los productos sulfurosos de la descomposición. Según relatos de colegas peruanos, era común que en el centro de Lima cayeran muertas grandes aves famélicas sobre vehículos en circulación.

Aparte de esta mortandad, la alta temperatura del agua aumentaba notablemente la evaporación, lo cual producía devastadoras inundaciones. Se explicaba el fenómeno como una inundación masiva de agua cálida en las costas de Perú y Ecuador y no se le atribuía ninguna implicación global. La posterior industrialización de la pesca redujo notablemente las poblaciones de aves marinas y convirtió al Perú en el número uno en la producción pesquera mundial, pero El Niño continuó causando estragos cuando se presentaba.

Hasta después de la primera mitad del siglo XX, se consideraba a este evento como un fenómeno aleatorio que se producía cada 10 o 12 años y que afectaba fuertemente a los ecosistemas marino y terrestre de la región occidental tropical de Sudamérica. J. Bjerknes fue pionero en los estudios de El Niño (1957-58), y demostró que los cambios masivos en la circulación atmosférica en gran escala en el Pacífico ecuatorial están directamente asociados con El Niño; más tarde, en 1969, sugiere que las variaciones en la temperatura de la superficie del mar (TSM) en el Pacífico central oriental, producen variaciones en el viento, que a su vez genera variaciones en la TSM. Sin embargo, este sistema de retroalimentación mutua lleva a un estado cálido o frío que nunca acaba. En 1972 se produjo un Niño muy intenso, cuyas consecuencias socioeconómicas fueron tan fuertes que movilizó a la comunidad internacional para tratar de comprender este fenómeno. En ese año, la producción de granos en la Unión Soviética fue baja; una sequía persistente en Sahel, África, llevó a una mayor demanda de alimentos; Japón y EUA requerían de la harina de pescado de Perú y las condiciones de El Niño en Perú redujeron drásticamente la pesca de la anchoveta. Esta situación dramática fue planteada en una reunión de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) en París, cuyos miembros reconocieron la gravedad del caso y la necesidad de enfrentar el problema. La respuesta de la comunidad internacional fue inmediata y la investigación oceanográfica-meteorológica tomó un ritmo tal que permitió logros notables en el conocimiento de su comportamiento, en particular la identificación de la repercusión ambiental global de este fenómeno. Un gran avance en su concepción se produjo cuando en 1983 se sugiere una naturaleza oscilatoria (ENSO), es decir una periodicidad en su aparición a través de eventos El Niño-La Niña de características opuestas. La posibilidad de explicar El Niño como un fenómeno oscilatorio fue

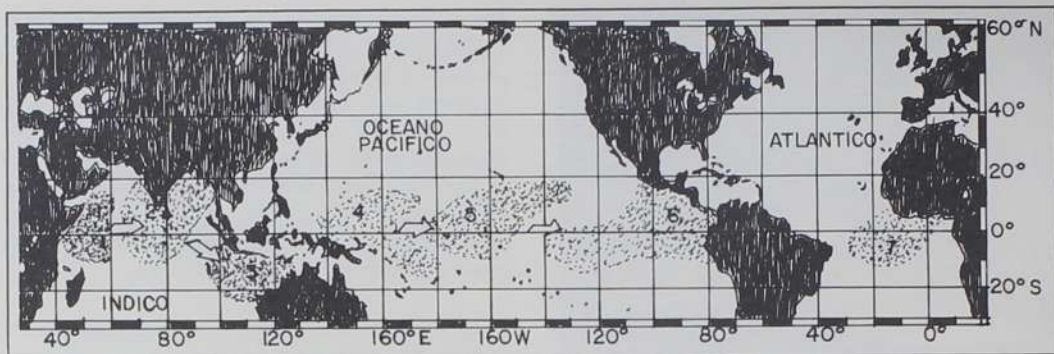


Figura 1. Secuencia en la ocurrencia y propagación del fenómeno El Niño. Durante un ciclo de 3 a 7 años, una piletta de agua cálida en el Océano Índico se mueve hacia el este (1 a 3). Mientras tanto, el mismo fenómeno ocurre en el Océano Pacífico (4 a 6). Los eventos 1 al 5 y el 2 al 6 están en sincronía; en el Atlántico una piletta caliente (7) se desarrolla 12-18 meses.

un logro notable pues dio bases matemáticas a posibles modelos predictivos. Con mejores datos y apoyados en la teoría de las ondas ecuatoriales, surgió el modelo conocido como "oscilador de acción demorada" que es el que predomina actualmente.

Teoría y mecanismo de ENSO

El fenómeno ENSO es una perturbación del sistema acoplado océano-atmósfera en el Pacífico tropical que tiene importantes consecuencias en la circulación atmosférica global. Hay estudios que prueban que el patrón de El Niño en el Índico central —fuente de los clásicos monsoones— está en fase con el del Pacífico, y que los efectos relacionados en el Atlántico ocurren después de 12 a 18 meses. (Fig. 1)

En términos generales, el mecanismo que genera a El Niño, es el siguiente:

(1) La región tropical de ambos hemisferios del planeta está caracterizada por la presencia de persistentes fuertes vientos del noreste en el hemisferio norte y del sudeste en el hemisferio sur (alisios).

(2) El esfuerzo de estos vientos, que convergen en el ecuador sobre la capa superficial del mar, da origen a una complicada circulación oceánica, i.e., corrientes ecuatoriales del norte y del sur, contracorriente y subcorriente (Fig. 2).

(3) Las corrientes ecuatoriales que fluyen de este al oeste (zonal), en particular la del sur, acumula agua cálida

superficial y de baja salinidad en el litoral asiático, particularmente en Indonesia. La temperatura del agua de superficie (TSM) puede ser de hasta 8°C mayor y el nivel medio del mar 50 centímetros más alto que en la costa oriental del Pacífico, en Ecuador y Perú. Esta acumulación de agua y pendiente del nivel del mar se mantiene mientras los alisios persisten con su intensidad normal.

(4) La presencia de esa piletta de agua cálida, con una TSM mayor de 29°C genera una intensa evaporación y movimientos convectivos verticales, que originan a su vez un campo nuboso que es el mayor conocido en el orbe. Conviene aquí destacar que en el proceso de convertir un gramo de agua en vapor de agua, se extrae del mar casi 600 calorías, que son devueltas a la alta atmósfera (8 a 16 km) cuando ese vapor se condensa como nube. La transferencia de esta energía a la atmósfera es enorme. En cuanto al océano, la acumulación de agua incrementa la profundidad de la termoclina, o sea el espesor de la capa de mezcla superficial (capa Ekman) que puede superar los 150 metros. Esta intensa evaporación es responsable de la abundante precipitación en Indonesia y Australia.

(5) En el otro costado del Pacífico, frente a Ecuador y Perú, la contracorriente ecuatorial que fluye de oeste a este entre las dos corrientes ecuatoriales desprende cada fin de año una lengua de agua cálida costera hacia el sur que llega hasta el litoral peruano, sin interferir en épocas normales con la surgencia del agua profunda.

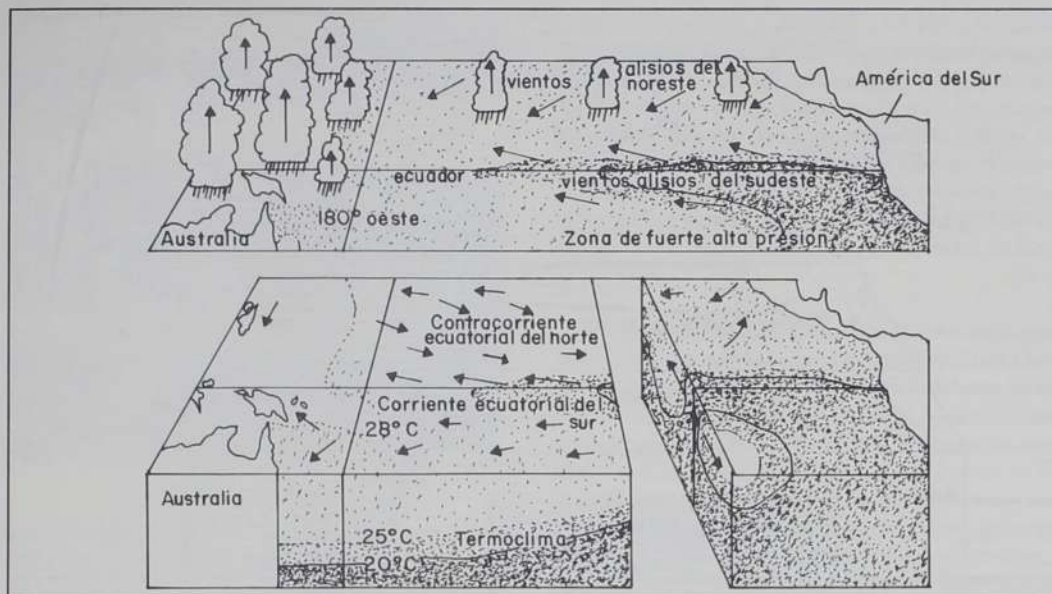


Figura 2 Condiciones atmosféricas (arriba) y condiciones oceánicas (abajo) al final de un año de ocurrencia de La Niña. Vientos alisios excepcionalmente intensos convergen en la Zona de Convergencia Intertropical (que está muy al norte) y la enorme zona nubosa sobre Indonesia y Australia, donde las temperaturas exceden los 28°C. La Contracorriente Ecuatorial es relativamente débil, mientras que la Corriente Ecuatorial del Sur es muy fuerte; especialmente cerca del ecuador (adaptado de Philander).

Es muy probable que un chorro de agua similar fluya hacia el norte sin afectar las surgencias que caracterizan a esa región.

Este comportamiento es el típico que tiene lugar en el Pacífico ecuatorial en condiciones normales cuando los alisios mantienen su persistencia, intensidad y dirección.

Veamos ahora que pasa en una de las etapas de ENSO, como es el caso de El Niño. Por razones aún no claras, los vientos alisios en el Pacífico ecuatorial central u oriental disminuyen su intensidad. Esto implica que su estrés sobre el agua disminuya y no pueda mantener la cabeza hidráulica o elevación del nivel del mar de 50 centímetros en la región de Indonesia, generándose por lo tanto un flujo de agua muy cálida hacia el este. Esta agua lleva consigo su capacidad evaporativa y el intenso proceso nuboso se mueve hacia el Pacífico central, lo cual afecta seriamente la circulación atmosférica en altura que repercute en todo el planeta. (Fig. 3) Esta interacción entre el océano y la atmósfera que aparentemente tiene su climax en el Pacífico central, per-

mite visualizar y comprender las implicaciones globales de El Niño.

Por otro lado, la contracorriente ecuatorial se ve incrementada por esa circulación hacia el este, la temperatura superficial del agua en el Golfo de Guayaquil va aumentando y la lengua de agua muy cálida que en diciembre fluye hacia Perú se intensifica en grado tal que llega hasta las costas de Chile en el sur y anula la surgencia de agua profunda que fertiliza a la región marina. La profundidad de la termoclina aumenta, la anchoveta desaparece o muere y se produce intensa precipitación pluvial, mientras que en Indonesia y Australia prevalecen las sequías y la termoclina asciende.

Es muy probable que se intensifique la lengua cálida que viaja hacia el norte a lo largo de la costa antes mencionada y que aquí también quede suprimido el surgimiento de agua profunda en las costas de Baja California y California. La desaparición del alga *Maricystis*, las grandes inundaciones de Tijuana y la trayectoria meridional de los huracanes en el litoral

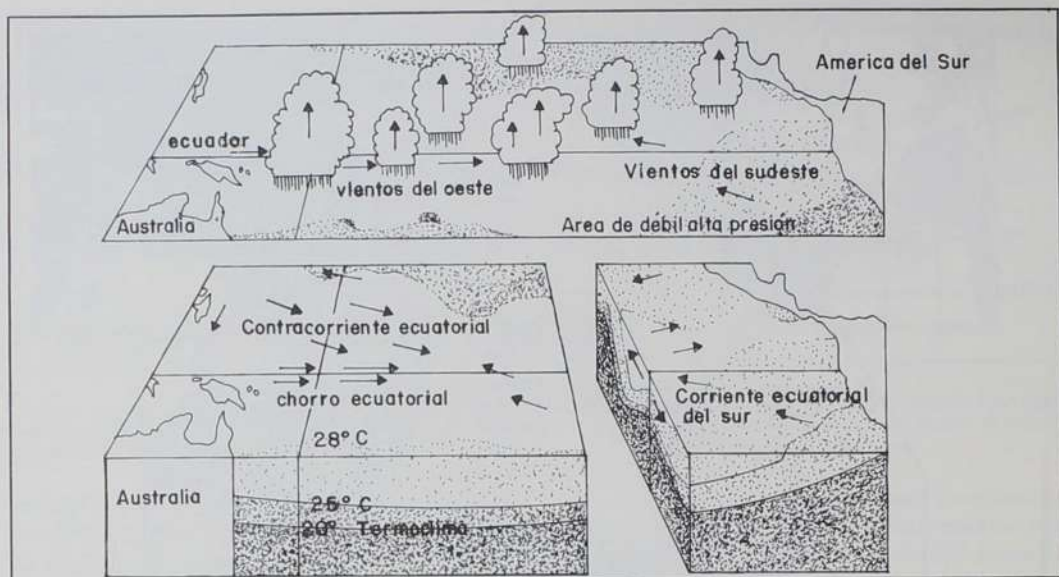


Figura 3 Condiciones atmosféricas (arriba) y oceánicas (abajo) cuando ocurre El Niño son opuestas a las que prevalecen durante La Niña (Fig. 2). Los vientos alisios se han debilitado y son reemplazados en el oeste por vientos del oeste. El movimiento hacia el este de la zona nublada está ligado con una expansión hacia el este de aguas cálidas; la termoclina se eleva en el oeste y se deprime en el este; la Contracorriente Ecuatorial se intensifica y la Corriente Ecuatorial del Sur se debilita y es reemplazada por un chorro ecuatorial en el oeste (adaptado de Philander).

Pacífico mexicano durante este año parecería justificar la existencia de esta lengua cálida hacia el norte.

La otra etapa de ENSO se genera cuando los alisios en el Pacífico central u oriental se intensifican en lugar de relajarse. En tal caso, la surgencia de agua profunda aumenta y la temperatura del agua disminuye en el Pacífico oriental, con la consiguiente sequía, mientras que la cabeza hidráulica y la temperatura del agua aumentan en el costado asiático, y la precipitación aumenta considerablemente en Indonesia y Australia. Este evento, denominado oscilación del sur o La Niña, completa el ciclo.

Esta explicación de ENSO responde a los fenómenos oceanográficos y atmosféricos observados y su mecanismo parece ser muy lógico en términos generales; sin embargo, los modelos predictivos de estos eventos son más rigurosos en sus requerimientos sobre los procesos espaciales y temporales que tienen lugar, y de ahí que haya que hilar más fino para mejorar la

predicción. Este trabajo de divulgación no pretende incursionar en los detalles de los modelos existentes, pero es deseable destacar los conceptos físicomatemáticos que se consideran en ellos.

La existencia de ondas de muy largo período como las Rossby¹ y Kelvin en la banda tropical y su incorporación a los modelos, es un refinamiento importante en su calidad.

Es conveniente elaborar un poco más en este enfoque: la circulación oceánica en gran escala en latitudes medias y altas se basa en el equilibrio entre las fuerzas de gradiente de presión y la ficticia de la rotación de la tierra (Coriolis). Este modo de movimiento se conoce como aproximación geostrofica; sin embargo, al acercarnos al ecuador, la componente horizontal de la aceleración de Coriolis se anula y se rompe la geostrofia de latitudes más altas. Además, si se cruza el ecuador, esta aceleración invierte su sentido. Esta discontinuidad hace pensar que una banda ecuatorial de



pocos grados de latitud a ambos lados del ecuador (4°N - 4°S) actúe como una guía de onda, es decir, que una onda generada o atrapada se propaga a lo largo de esa guía con muy poca pérdida de energía.

Si se acepta este concepto queda ahora identificar qué procesos pueden generar esas ondas. La energía liberada por la formación de nubes en la región convectiva del Pacífico oeste, sobre Indonesia y Australia, es un forzamiento lógico para generar ese tipo de ondas en la alta atmósfera (ondas ecuatoriales atmosféricas). El desplazamiento hacia el este de esa región convectiva que tiene lugar con el evento El Niño afecta la intensidad y propagación de dichas ondas y, por lo tanto, la circulación atmosférica global. En cuanto a la interpretación oceanográfica, el comportamiento adiabático del océano se puede analizar como la suma de ondas libres y forzadas. Para las escalas temporales y espaciales de El Niño, solamente dos tipos de movimientos ondulatorios son de posible importancia, a saber: ondas planetarias Rossby y ondas ecuatoriales Kelvin. En latitudes medias, donde se han observado las ondas Rossby, el principal equilibrio dinámico es el geostrofico y esta geostrofia condiciona su velocidad de propagación en razón inversa a la latitud. La anulación del parámetro de Coriolis en el ecuador rompe la geostrofia y permite la existencia y el atrapamiento de la onda Kelvin.

La variación de los alisios es la fuerza generadora de la onda Rossby en latitudes medias, que se propaga hacia

el oeste, al llegar a la costa asiática, se refleja en dicho borde y genera una onda Kelvin que se mueve hacia el sur, hasta quedar atrapada en la guía de onda ecuatorial. Una vez allí, se desplaza hacia el este a mucha mayor velocidad, pudiendo atravesar el Pacífico y llegar al continente sudamericano en menos de 3 meses. El modo más ecuatorial de la onda Rossby es tres veces más lento y su velocidad decrece con el cuadrado de la latitud, lo que evita la interferencia de ondas de latitudes medias.

Las propiedades especiales de los movimientos ecuatoriales son esenciales para el fenómeno ENSO. Un cambio de viento genera una respuesta más fuerte en el ecuador que en cualquier otra parte del océano y estas ondas atrapadas, como se ha dicho anteriormente, son menos susceptibles a las influencias destructivas de la fricción. Los cambios en las corrientes, y en todos los aspectos de la estructura termal, incluyendo variaciones del nivel del mar y de la profundidad de la termoclina, dependen principalmente de la amplitud de las incidentes ondas Kelvin, que es determinada por su valor inicial en el Pacífico oeste, más lo que se agrega por el forzamiento del viento a medida que se propaga a lo largo del ecuador. Conviene recordar que una onda Kelvin se mueve de modo que la perturbación es máxima a la derecha de un observador que mira en la dirección de la corriente.

Al llegar a la costa sudamericana esta onda ecuatorial se refleja y una porción de la energía se escapa hacia el sur como una onda Kelvin, alejándose del ecuador a lo largo del borde meridional. Es muy probable que el mismo fenómeno ocurra hacia el norte, lo que explicaría los impactos oceanográficos en el litoral mexicano del Pacífico. Esto no es posible en el borde asiático donde la onda Kelvin debe viajar hacia el ecuador a lo largo del borde costero.

Interrogantes

Esta simplificada explicación de las propiedades de las ondas ecuatoriales permite apreciar la contribución de esta teoría a la calidad de los modelos predictivos. Existe aún una serie de interrogantes a aclarar, como por ejemplo, cuál es la fuente de ENSO, ya que algunos autores afirman que son las aguas del Pacífico central mientras otros proveen evidencia de que son las del Pacífico oriental. Otra incertidumbre es la duración del

evento ENSO que sorprendió a la comunidad científica durante los primeros años de la década del 90, por la inesperada y prolongada persistencia de condiciones cálidas sobre el Pacífico tropical y que parece ser atribuida a una fluctuación interdecadal climática que afecta a la termoclina ecuatorial.

Existen varios modelos predictivos de ENSO. Solamente el modelo de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) predijo que El Niño 1991 duraría más allá de 1993, gracias a la información provista por los instrumentos fondeados a través del Pacífico como parte del Programa Tropical Ocean/Global Atmosphere (TOGA). Típicamente, El Niño dura de 14 a 22 meses y puede ser más largo o corto, comenzando a principio del año y culminando el próximo noviembre-enero.

La teoría más prominente es la de oscilación de acción demorada que considera solamente la variación de los alisios y no incorpora los fenómenos oceanográficos.

Los últimos resultados del desplazamiento zonal del cuerpo de agua caliente de Indonesia requiere una notable modificación de esta teoría, que debe incorporar procesos oceánicos ignorados o subestimados para representar más fielmente el desarrollo de ENSO, en particular su manifestación en el Pacífico ecuatorial central. Estos procesos son la convergencia zonal de corrientes, la advección zonal de la TSM y la reflexión de la onda ecuatorial en el borde oriental del océano y otorgan un concepto advectivo-reflectivo a la naturaleza oscilatoria de ENSO.

La oscilación de calentamiento y enfriamiento se manifiesta claramente en la presión atmosférica a nivel del mar, específicamente cuando se compara esta presión en Darwin, Australia, con Tahití. Esta diferencia puede ser utilizada para generar un número denominado Índice de Oscilación del Sur (SOI); cuando la diferencia entre Darwin y Tahití es positiva se tiene una Niña (enfriamiento del océano) y cuando es negativa un Niño (calentamiento).

La señal de la presencia de El Niño se detecta claramente en las mediciones de la temperatura superficial del agua en el Pacífico tropical. Los vientos y las corrientes oceánicas constituyen información básica para su detección y predicción.



Para proveer este monitoreo de las condiciones oceanográficas, la NOAA opera una red de boyas instrumentales que miden esas variables en la banda ecuatorial. Esas boyas transmiten diariamente los datos que están disponibles en el Climate Prediction Center / NCEP (EUA) que emite información periódica sobre ENSO.

El impacto económico de El Niño 1982-83, tal vez el más fuerte registrado hasta ahora, excedió los ocho mil millones de dólares en sequías, incendios, inundaciones y huracanes y entre 1000 y 2000 muertos.

Los progresos logrados desde 1972 en el conocimiento de este evento son considerables en vista de su magnitud. Es de esperar que con la cantidad de datos que se obtienen actualmente se puedan ajustar los modelos predictivos a través de la modelación inversa y asimilación de datos, tan exitosamente usados por los meteorólogos en su predicción del estado del tiempo. Los modelos predictivos más sofisticados y efectivos de acoplamiento dinámico han permitido predecir ENSO con un año o más de anticipación.

Nota

1.- Las ondas planetarias o Rossby son de baja frecuencia, cuya dinámica está condicionada por la variación del parámetro de Coriolis y que se manifiestan como oscilaciones lentas de sistemas de corrientes de gran escala, con escalas de tiempo de unos pocos meses y longitudes de onda de unos pocos cientos de kilómetros. Las ondas Kelvin son ondas atrapadas en la vecindad de una pared vertical o una escarpa en presencia de rotación cuya amplitud decrece al alejarse del aspecto batimétricas que la provoca.



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

Tendencias actuales en la literatura biológica

**Yolanda M. Camacho, J. Francisco
Jiménez, Nayeli Marsch, M. Socorro
Parra, Yuri J. J. Peña, J. Gabriel
Ramírez, Verenice C. Ramírez, Raúl
Rodríguez y José Ruiz Herrera**

En repetidas ocasiones ha sido expresado que la ciencia no sigue una tendencia continua, ni en su grado de avance, ni en el tipo de temas que analiza. Las tendencias de la exploración científica pueden tener diferentes explicaciones; quizás la principal motivación tuvo su origen en las ideas filosóficas que buscaban respuesta a las más íntimas dudas del hombre: ¿cuál es el origen de la materia, el universo y la vida?, ¿qué somos?, ¿de dónde provenimos?, etcétera. Pero al margen de esas preocupaciones, que son finalmente la motivación más profunda y más asociada con el subconsciente en esa búsqueda, existen explicaciones ligadas específicamente con el desarrollo de la ciencia en sí. Entre ellas podemos citar: el grado de avance obtenido en una determinada área específica, un descubrimiento que origina un cambio importante en las hipótesis previamente sostenidas, el desarrollo de conceptos revolucionarios que cambian radicalmente las ideas antiguas, un avance notable en la metodología experimental que abre nuevas perspectivas a un tema que se encontraba en un callejón sin salida, y la acumulación de un grupo específico de investigadores en una determinada área. Otras motivaciones están relacionadas con el desarrollo de nuevas actitudes de la sociedad en general, como es el caso concreto de los temas relacionados con los fenómenos ecológicos (correctos o erróneos) que observamos en la actualidad, o las urgencias detectadas por las necesidades de la sociedad en los aspectos de salud y bienestar. En este caso, la importancia de las enfermedades emergentes o re-emergentes y la biotecnología es especialmente digna de ser resaltada.

El Dr. José Ruiz Herrera es investigador titular del Departamento de Ingeniería Genética de la Unidad Irapuato del Cinvestav. Lo acompañan como colaboradores en el presente artículo estudiantes del programa de posgrado de su departamento.

Tabla 1. Temas en los que se dividieron los artículos considerados en el presente estudio.

No.	Tema	Subtema
1	Biología General	Aspectos generales de botánica, zoología, microbiología, virología.
2	Medicina y Salud	Enfermedades infecciosas y degenerativas, envejecimiento, epidemias, fármacos, tóxicos.
3	Biotecnología	Aplicaciones, bioingeniería.
4	Ecología	Interacciones, contaminación, etología.
5	Fisiología	Fisiología organismal, biología celular, biomembranas, transporte.
6	Inmunología	Sistema inmune, respuesta a agentes infecciosos, SIDA.
7	Neurología	Sistema nervioso, transmisión y sinapsis.
8	Bioquímica	Enzimología, rutas metabólicas, proteínas.
9	Genética molecular	Metabolismo de ácidos nucleicos, replicación, traducción, clonación, disrupción de genes.
10	Evolución	Origen de la vida, evolución, paleontología.
11	Desarrollo y ciclo celular	Desarrollo, envejecimiento celular, ciclo celular, cáncer, apoptosis.
12	Comunicación celular	Transducción de señales, feromonas, reguladores del crecimiento
13	Otros	

En estos dos aspectos debe hacerse énfasis en que han sido fundamentalmente las sociedades afluentes y los centros de poder los que han impuesto sus propias tendencias y necesidades, como se observa en el distinto grado de atención que reciben de la sociedad científica, por ejemplo, enfermedades como la diarrea o el paludismo por un lado, y el SIDA o las enfermedades degenerativas por el otro.

Finalmente, debemos referirnos como causa importante de las tendencias de la investigación a motivaciones que no están asociadas directamente con los aspectos meramente científicos, sino con la política científica, o el establecimiento de grupos de poder en las agencias que otorgan apoyo a la ciencia, o en los comités editoriales de las revistas científicas.

En la actualidad estos aspectos guardan particular importancia en la vida de un investigador, ya que la aceptación o el rechazo de un artículo para su publicación, la obtención de una beca, de un apoyo económico o de una promoción académica, dependen

de la aprobación del artículo, proyecto o candidato, por parte de un comité dictaminador de pares, el cual concede un gran peso dentro de su análisis a los elementos de su "actualidad", incluyendo los "índices de citación, o factores de impacto", que no son sino el reflejo de la moda en la ciencia, independientemente de las causas que hayan conducido a su establecimiento, o de su validez. No es necesario señalar que nuestro país no escapa a esta realidad.

Un análisis exhaustivo de las tendencias de la literatura científica en una sola área, la biológica en el caso presente, es sumamente difícil, ya que requeriría de la recopilación de los artículos publicados en un inmenso número de revistas especializadas, con la correspondiente subdivisión en un gran número de temas específicos. Para lograr una aproximación al problema, hemos hecho el ejercicio de analizar la revista inglesa *Nature* y la norteamericana *Science*, para tener un muestreo de las tendencias mencionadas. Esta selección se basó en el hecho de que ambas revistas publican artículos de interés general, según lo establecen sus

Tabla 2. Número de artículos publicados en *Science* y *Nature* según el tema biológico de su contenido. Entre paréntesis se indican los respectivos porcentajes.

Temas	1992	1993	1994	1995	1996	1997	Total/prom
1 Ciclo celular y desarrollo	52 (12)	109 (10)	89 (9)	102 (9)	133 (12)	84 (11)	569 (10.50)
2 Comunicación intra e intercelular	43 (10)	142 (13)	92 (9)	111 (10)	113 (10)	78 (10)	579 (10.30)
3 Biología	13 (3)	36 (3)	51 (5)	55 (5)	41 (4)	19 (2)	215 (3.66)
4 Bioquímica	47 (11)	100 (9)	127 (13)	150 (13)	152 (14)	128 (17)	704 (12.80)
5 Ecología	26 (6)	55 (5)	36 (3)	45 (4)	45 (4)	53 (7)	260 (4.80)
6 Evolución	20 (5)	58 (5)	55 (6)	54 (5)	56 (5)	55 (7)	298 (5.50)
7 Fisiología	35 (8)	77 (7)	89 (9)	123 (11)	91 (8)	58 (8)	473 (8.50)
8 Genética	76 (17)	208 (19)	184 (19)	198 (17)	192 (17)	101 (13)	959 (17.00)
9 Inmunología	26 (6)	93 (8)	92 (10)	86 (8)	78 (7)	38 (5)	413 (7.30)
10 Medicina y salud	44 (10)	55 (5)	49 (5)	41 (4)	43 (4)	31 (4)	263 (5.30)
11 Neurología	41 (9)	121 (11)	90 (10)	139 (12)	141 (12)	102 (13)	634 (11.10)
12 Tecnología	18 (4)	26 (2)	15 (2)	20 (2)	31 (3)	14 (2)	124 (2.50)
13 Otros	0 (0)	5 (0)	13 (1)	13 (1)	5 (0)	3 (0)	39 (0.33)

propias instrucciones para los autores. Estas revistas fueron originalmente de difusión y son en la actualidad los foros donde se publican los artículos de más impacto y originalidad, que servirán a su vez de paradigma para determinar las líneas que seguirá la investigación científica en el futuro inmediato. El hecho de que acepten artículos con escasos datos metodológicos, y su alto índice de impacto, son dos razones adicionales para su elección como sujeto del presente análisis.

Metodología

El procedimiento seguido fue la selección de los títulos de los artículos publicados en ambas revistas durante el periodo comprendido de agosto de 1992 al mismo mes del año de 1997. De acuerdo con los títulos, se eligieron los temas biológicos mayormente representados. Estos se muestran en la tabla 1. Aunque esta clasificación tiene un sesgo subjetivo, se podrá observar que existen unos temas muy generales, y otros muy específicos, lo que ya en sí constituye un indicio de las tendencias de la biología

en estos últimos cinco años. A continuación se analizaron los resúmenes de los artículos publicados, para determinar su localización dentro de algunos temas más específicos. Los resultados obtenidos se manejaron de varias maneras para que pudiesen ofrecer una información más gráfica. Es así que la tabla 2 ilustra el número anual y el gran total de los artículos relacionados con cada tema, así como su correspondiente proporción porcentual. En la figura 1, los datos porcentuales correspondientes a cada año se muestran gráficamente. Finalmente, en las figuras 2 y 3 se muestra el número de publicaciones en algunos temas específicos en cada una de las revistas por separado. Podrá apreciarse que las tendencias de publicación en una y otra revista guardan una gran semejanza, con la significativa diferencia de los artículos relacionados con el ciclo celular. La discrepancia aquí puede atribuirse al gran número de contribuciones al tema, hechas por grupos ingleses con sistemas modelo de levaduras, fundamentalmente *Schizosaccharomyces*. Fuera de esa diferencia, las semejanzas en el resto de los temas refuerzan la realidad de las tendencias observadas.

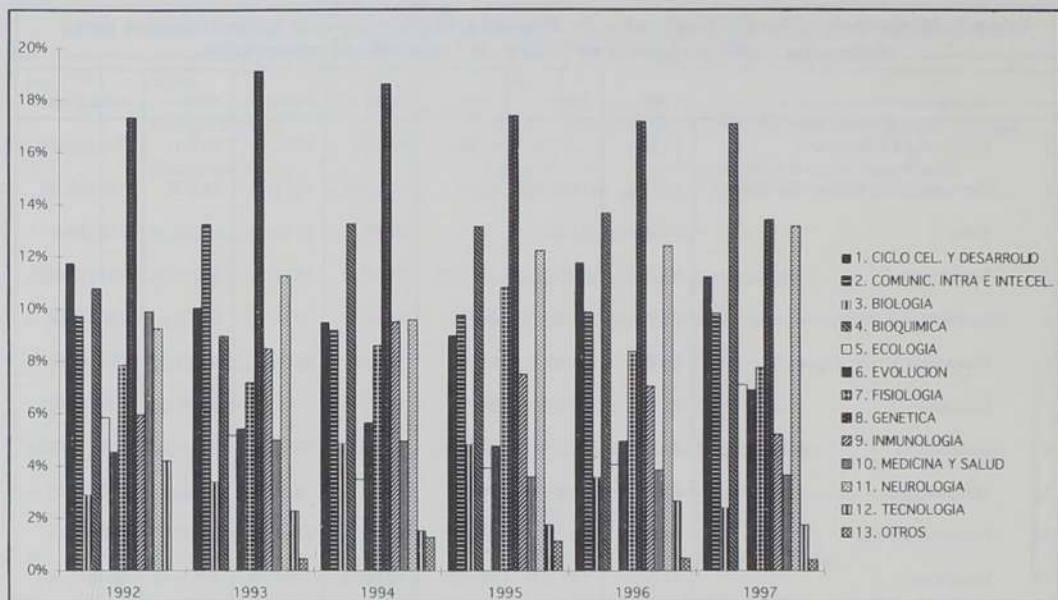


Fig. 1. Distribución anual del porcentaje de publicaciones en las diferentes áreas en las revistas *Nature* y *Science*.

Genética molecular y bioquímica

A partir de los resultados obtenidos se pueden concluir algunos puntos que creemos son interesantes. Puede así observarse que en los últimos años el tema que ha tenido mayor representatividad en las publicaciones de ambas revistas es la genética molecular. Esta tendencia no es sorprendente, si tomamos en cuenta que los estudios para determinar la estructura molecular y el modo de acción del material genético, han atraído una gran atención de los científicos desde el descubrimiento de la estructura del DNA y su identificación como el material hereditario. Este es un interesante modelo de análisis, ya que a esta tendencia han coadyuvado todos los aspectos que mencionamos en los párrafos introductorios de este estudio: desde el punto de vista meramente filosófico y conceptual, el descubrimiento del papel del DNA en la herencia, y su mecanismo de conservación; desde el punto de vista metodológico, el desarrollo de los métodos de clonación y, sobre todo, de secuenciación, que han desembocado en los

proyectos de secuenciación de genomas enteros, incluyendo al humano. De gran importancia también ha sido la demostración de la gran conservación de los genes con idénticas o parecidas funciones a lo largo de la evolución, para lo cual ha sido de gran utilidad el modelo de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, cuyo genoma ha sido ya totalmente secuenciado, y el desarrollo de métodos de interrupción o sustitución de genes (*knock out*) en sistemas que van desde bacterias y eucariotes inferiores hasta el ratón.

En los otros aspectos enumerados anteriormente, podemos citar el extraordinario número de científicos involucrados en el área, y el control que ejercen dentro de los comités de becas y apoyos, y en los cuerpos editoriales de un gran número de revistas. Ello ha dado lugar a interesantes fenómenos, desde el cambio de títulos de revistas para incluir algún término que ilustre su vocación genético-molecular, caso ilustrado por el cambio de *Experimental Mycology* por *Fungal Genetics and Biology*; la creación de revistas que incluyen aspectos generales genético-moleculares de todo tipo, por sociedades científicas de miras más restringidas como lo es la revista *Molecular and Cellular Biology* de la

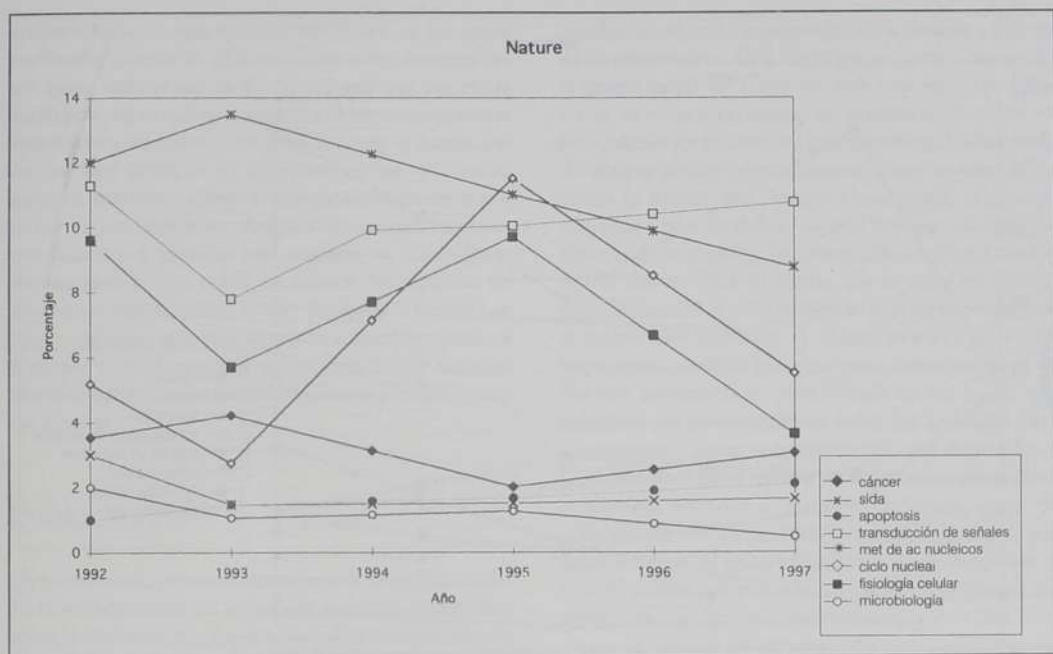


Fig. 2. Distribución anual de porcentajes de publicaciones de algunos temas seleccionados en la revista *Nature*.

Sociedad Americana de Microbiología; hasta la casi total desaparición de artículos descriptivos, o el creciente rechazo de aquéllos que no incluyan una evidencia genético-molecular en la explicación de un fenómeno que es apoyado sobre bases bioquímicas o genéticas clásicas.

Si esos aspectos son positivos o no, lo dejamos al criterio del lector, pero sí debe hacerse énfasis en el hecho de que el impacto de la genética molecular en las otras áreas de la biología ha sido decisivo para su desarrollo. Sin embargo, no deja de ser sorprendente que las publicaciones en esta área relativamente específica superen en cerca de cinco veces a aquéllas que versan sobre temas generales en toda el área biológica. Otro aspecto digno de llamar la atención es que en los últimos tres años la proporción de publicaciones en esta área muestra una tendencia a disminuir, ante el notable aumento de las publicaciones en temas bioquímicos más generales. Una posible explicación de este fenómeno (si es que la tendencia persiste al futuro), es el hecho de que, ante la dificultad del análisis de los productos génicos, un gran número de investigadores decidieron

tomar como atajo el expediente de analizar primero los genes respectivos, lo cual era más fácil de abordar, dadas las tecnologías desarrolladas en el área de la genética molecular, como mencionamos antes. Una vez resuelto ese problema, muchos investigadores vuelven al análisis de la proteínas y sus funciones específicas en forma directa. Los avances experimentales han favorecido en gran medida estos últimos estudios. Podemos citar entre ellos: el desarrollo de gran número de técnicas para la purificación de proteínas; de técnicas para el estudio de sus características y propiedades, que han revelado la gran variedad de alteraciones post-traduccionales a las que están sujetas; y de métodos para el análisis estructural de las proteínas a un nivel de resolución cada vez mayor.

Fisiología, inmunología y ecología

Otras ramas de la biología que tienen una representación bibliográfica mayor que todas las áreas generales en

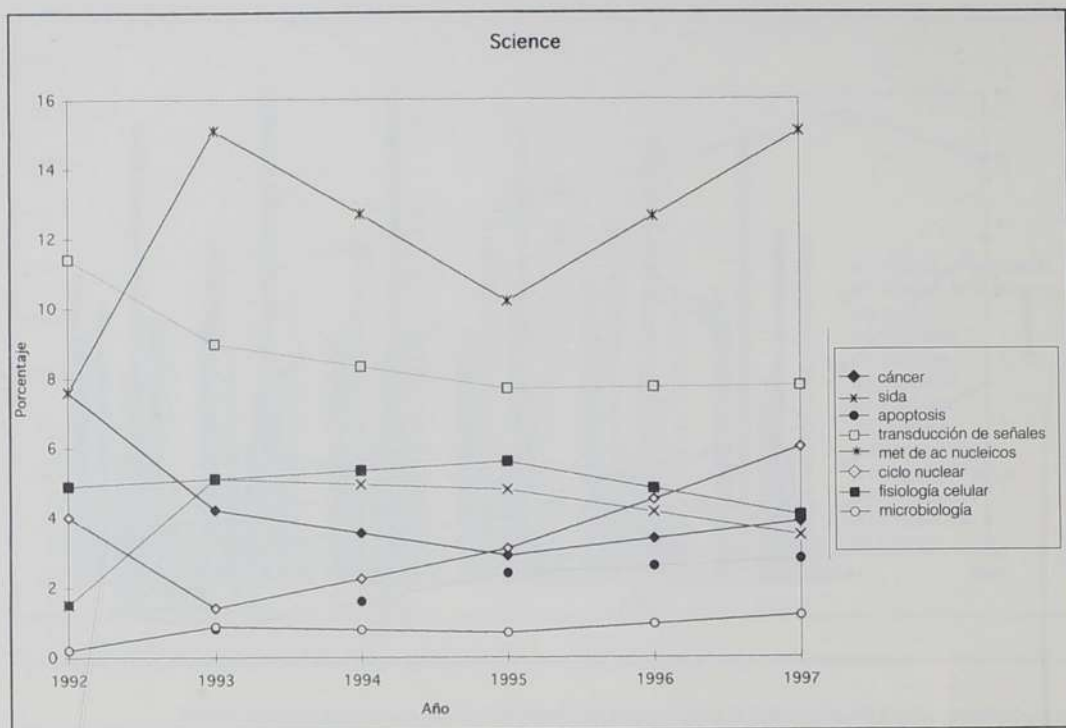


Fig. 3. Distribución anual de porcentajes de publicaciones de algunos temas seleccionados en la revista *Science*.

forma global, son la fisiología, la inmunología y la ecología. De la primera, quizás la tendencia más notable radique en los estudios de biología celular, a los que han contribuido los conceptos aportados por la bioquímica y la genética molecular. Dentro del desarrollo de nueva metodología que ha impulsado esta área, debemos citar el desarrollo de técnicas para la separación de los diferentes componentes celulares y muy especialmente para la determinación de transportadores y canales iónicos aislados. Más sobresaliente es el hecho de que los estudios neurológicos superen, en forma significativa, las aportaciones realizadas en todos los aspectos de la fisiología, y muestren una tendencia muy significativa a aumentar en los últimos años. A ello ha contribuido indudablemente el interés en conocer cómo funciona el cerebro. Además de este motor intelectual, se pueden añadir los avances técnicos que han permitido la determinación, con un alto grado de precisión, de las áreas cerebrales involucradas en funciones o tareas específicas; y la comprensión de los fenómenos de

transmisión sináptica y el papel que en ella juegan los mecanismos de secreción y de comunicación química.

Por lo que respecta a las publicaciones en el área de la inmunología, observamos una tendencia a aumentar en su proporción hasta 1995, y una disminución en forma notable posteriormente. Es difícil aceptar, sin embargo, que esta tendencia refleje una disminución en el interés en esta importante rama del conocimiento. La base del gran número de publicaciones en el área está representada por los estudios de los mecanismos de activación de la respuesta inmune y el aumento en la larga lista de los factores que involucra.

No es de sorprender que los estudios ecológicos estén representados significativamente en la literatura publicada en los últimos años en *Nature* y *Science*, aunque no sabemos si se puede considerar significativa la tendencia a disminuir observada hasta 1994, y a aumentar posteriormente. Y decimos que no es

sorprendente su alta representación en la literatura analizada, porque en años recientes se ha desarrollado un gran interés de la sociedad por los aspectos ecológicos, tanto que ha dado lugar desde a movimientos internacionales como Greenpeace, hasta la formación de partidos políticos en diferentes países, el nuestro incluido, que han recibido una votación importante por parte de los electores. Aunque en ocasiones estos movimientos y partidos han seguido un lineamiento demagógico o han caído en manos de personas de escasos conocimientos, o con dudosos intereses, es forzoso aceptar que han ayudado a cambiar políticas erróneas a nivel mundial, y han despertado un gran interés del público por los estudios ecológicos y el futuro del planeta.

Evolución

En menor nivel, pero con una representación mayor que los tópicos generales de la biología, aparecen los estudios sobre la evolución. Es importante indicar que este interés ha sido siempre manifiesto, como uno de los tres problemas filosóficos del hombre por comprender su origen, su desarrollo y su conciencia; pero si se hiciese una revisión de la literatura biológica de las revistas analizadas en décadas anteriores, veríamos este tema pobremente representado. En su moderno ímpetu, podemos conjeturar que la demostración de la existencia de tres divisiones (dominios) de los organismos: bacterias, arqueas, y eucariotes, y el desarrollo de las técnicas de análisis molecular para determinar evolución y filogenia, han sido decisivos. A nivel de estudios paleontológicos, los métodos para determinar la antigüedad de las rocas han sido determinantes para el avance de esta rama de la ciencia.

Biología celular

Si la biología celular, como rama específica de la fisiología, está debidamente representada en la literatura analizada, es notable observar que meras líneas de estudio de esta rama aporten una proporción de publicaciones mayor que toda la fisiología, codeándose con la neurología. Nos referimos aquí a los temas de estudio del desarrollo y el ciclo celular, y la comunicación celular, cuyo interés, reflejado en la proporción de

publicaciones, se ha mantenido casi constante a lo largo de los últimos cinco años. En lo que respecta al desarrollo, el interés desde un punto de vista conceptual se basa, como se mencionó antes, en nuestra motivación en comprender los fenómenos ontogenéticos. El desarrollo de técnicas genético-moleculares en modelos alternativos como la mosca del vinagre *Drosophila*, el gusano cilíndrico *Caenorhabditis*, y varios hongos, así como en tejidos de vertebrados, ha constituido un empuje formidable para estos análisis. En lo que se refiere específicamente al ciclo celular, es fácil comprender que el interés por controlar el cáncer sea el motor más importante para su estudio; pero estos estudios no habrían alcanzado su nivel actual sin las bases que aportaron las investigaciones sobre las levaduras *Saccharomyces* y *Schizosaccharomyces*, que demostraron la semejanza del ciclo celular en organismos uni- y pluricelulares, no sólo a nivel mecanístico, sino de conservación de genes y productos génicos. Junto con estos estudios, el redescubrimiento de la apoptosis, o muerte celular programada, su papel en el control del cáncer y su asociación con el ciclo celular, han sido unos de los temas que mayor atracción han ejercido en los últimos años.

El tema de la comunicación celular, como se indicó antes, ha adquirido un gran interés, según la bibliografía analizada. Este interés ha nacido de la necesidad de comprender cómo es que las células pueden interpretar al medio ambiente en que se desarrollan. De ello dependen sus reacciones y la capacidad de reconocer su posición durante el desarrollo para la formación de tejidos específicos. Este tema también ha recibido un gran estímulo de la genética molecular y del empleo de sistemas modelo, como es el caso de varios hongos.

Medicina y salud

Las publicaciones sobre medicina y salud estuvieron debidamente representadas en el año de 1992, pero en los siguientes cuatro años disminuyeron significativamente, lo cual es sorprendente. Quizás más notable aún sea que dentro de los artículos publicados en esos años, haya escasísimos ejemplos relacionados con enfermedades tan importantes como el paludismo, las infecciones diarreicas, y otras de amplia distribución en los países pobres, que causan un gran número de decesos

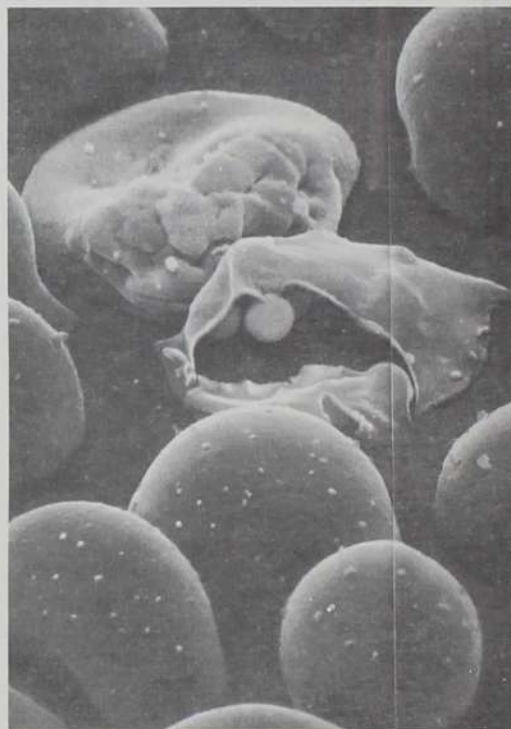
y pérdidas económicas. En contraste, son particularmente abundantes las publicaciones sobre enfermedades de origen genético, las degenerativas, especialmente el Alzheimer, o aquellas ligadas a priones, particularmente el responsable de la encefalopatía espongiforme bovina o síndrome de las "vacas locas", el cual se considera que ha saltado la barrera de especie para causar en el humano la forma juvenil de la enfermedad de Creutzfeldt-Jakob. Ello revela que, como se señaló antes, la motivación está asociada sólo a los problemas de determinadas sociedades.

Biotecnología

La escasa representación de publicaciones biotecnológicas en las revistas analizadas puede parecer sorprendente a primera vista, tomando en cuenta el gran interés suscitado en su momento por este enfoque tecnológico, y las grandes esperanzas de que solucionase problemas tan variados como los de la agricultura, la medicina, la industria de las fermentaciones, etc. Sin embargo, el hecho de que todos estos procesos sean patentables, y que el número y la fuerza de las industrias en el área crezca continuamente, ofrece una adecuada respuesta a la sorpresa original.

En conclusión, creemos que este breve estudio de las tendencias de la literatura científica en el área de la biología, basado en el análisis de las revistas *Nature* y *Science*, ofrece una panorámica real de lo que está ocurriendo en el campo. Es indudable, sin embargo, que nuestras conclusiones, y sobre todo las hipótesis que

manejamos sobre dichas tendencias, requerirán un análisis más exhaustivo, recurriendo a un mayor número de revistas de circulación internacional, y quizás dividiéndolas en temas más específicos.



Fenómenos microscópicos: un enfoque alternativo

Gabino Torres Vega

La física premoderna

Para poner en perspectiva la física asociada a la mecánica cuántica, conviene empezar con una brevísima reseña histórica de la evolución de la física premoderna que se puede dividir en tres periodos: el primero se extiende desde los tiempos remotos hasta cerca de 1550 DC, fecha que marca aproximadamente el inicio del método científico. Durante esta era tan larga, se tuvo algún avance en la acumulación de los hechos de la física como un resultado de la observación de los fenómenos naturales, pero el desarrollo de teorías físicas resultaba imposible, en parte por el razonamiento especulativo metafísico empleado, pero en particular por la casi completa ausencia de experimentos para probar qué tan correctas eran las teorías que se propusieron. La característica principal de este periodo, por lo tanto, es la ausencia de la experimentación sistemática.

El segundo periodo se extiende desde 1550 a 1800. Se hicieron varios avances básicos durante este periodo —por personas como Gilbert, Galileo, Newton, Huygens, Boyle— y su característica más importante es el desarrollo y el firme establecimiento del método experimental como un medio reconocido y aceptado de adquisición de conocimiento científico. Este periodo fue inaugurado por el trabajo clásico de Galileo (1564-1642), pero tomó cerca de dos siglos más para que el siguiente principio básico se reconociera universalmente:

El Dr. Gabino Torres Vega, investigador titular y coordinador académico del Departamento de Física del Cinvestav, es miembro del Consejo Editorial de Avance y Perspectiva.



La ciencia puede avanzar en tanto sus teorías, basadas en resultados experimentales, sean aceptadas o rechazadas conforme a si éstas están de acuerdo o no con nuevos experimentos diseñados para verificar la teoría.

El tercer período, de 1800 a 1890, está caracterizado por el desarrollo de lo que ahora se llama la física clásica, en contraste con la física cuántica del presente siglo. Los experimentos realizados por Count Rumford y Joule condujeron a la teoría cinética del calor. Las observaciones de Thomas Young (1892) y su propuesta del principio de interferencia (de dos haces de luz) resultó finalmente en el triunfo de la teoría de ondas de la luz de Huygens. Las investigaciones de Faraday y otros dieron a Maxwell el material necesario para el logro máximo de este período: la teoría electromagnética.

La física clásica

En el siglo diecinueve se añadió mucho a la cantidad de conocimiento que tenemos de los fenómenos físicos. En

mecánica, Hamilton concibió las ecuaciones que llevan su nombre y que tienen una forma particularmente valiosa para la teoría cuántica. Se desarrolló la teoría del movimiento de los cuerpos rígidos, incluyendo al giroscopio. Se elaboró la hidrodinámica, que trata el movimiento de toda clase de fluidos. En el caso del flujo de fluidos viscosos, solamente se pudieron resolver problemas simples; el estudio más extenso de estos fluidos, por métodos semiempíricos, no se hizo sino hasta este siglo, después de la invención del aeroplano.

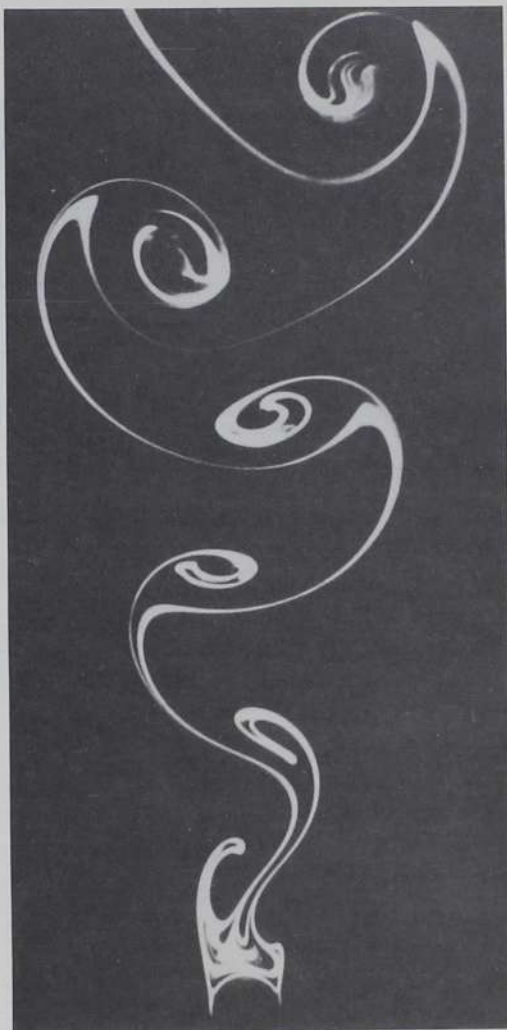
En otros campos, los descubrimientos y avances más significativos fueron el establecimiento de la teoría cinética del calor y el desarrollo de la teoría cinética de los gases; la formulación de la ley general de conservación de energía; el descubrimiento de la segunda ley de la termodinámica; y por encima de todo, el descubrimiento, realizado por Faraday y colaboradores, de todo el fenómeno electromagnético, culminando con las ecuaciones de Maxwell del campo electromagnético y la luz.

Al final del siglo diecinueve la física había evolucionado al punto en el cual la mecánica podía tratar problemas muy complejos en situaciones macroscópicas, la termodinámica y la teoría cinética estaban bien establecidas, las ópticas geométrica y física podían entenderse en términos de ondas electromagnéticas, se había propuesto la fundación atómica de la química, estaban bien aceptadas las leyes de conservación de la energía y del momento (y de la masa), y la física clásica había alcanzado una orgullosa madurez. Tan profundos fueron estos y otros desarrollos que muchos físicos creyeron que todas las leyes importantes de la física se habían descubierto y que, de ahí en adelante, la investigación consistiría en aclarar algunos problemas pequeños y, particularmente, en mejorar los métodos de medición. En ese tiempo pocos pudieron prever que el mundo de la física estaba a punto de hacer una serie de descubrimientos destinados, por un lado, a estimular la investigación como nunca antes y además a iniciar una era de aplicaciones de la física en la industria en una escala no conocida anteriormente.

A fines del siglo se descubrieron los rayos X y la radioactividad. Nadie había explicado todavía el efecto fotoeléctrico, la radiación del cuerpo negro, y el origen de las líneas espectrales. Aun así, muchos creyeron que algún genio futuro encontraría las respuestas a estas interrogantes en la física clásica. En 1899 Michelson dijo:

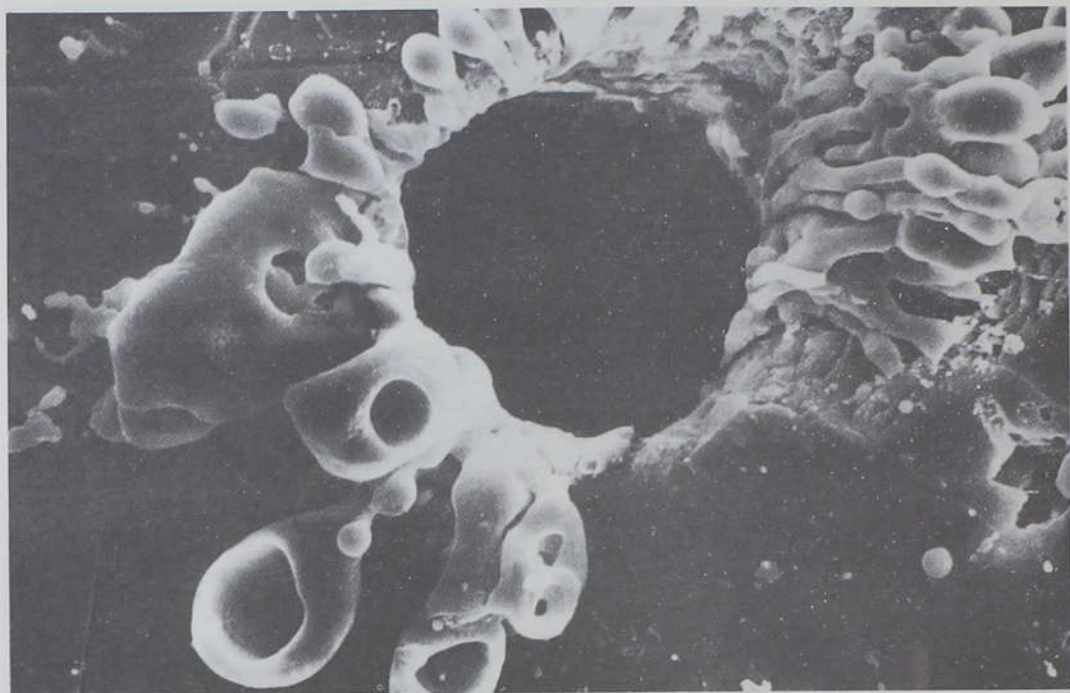
Todas las leyes fundamentales y los hechos más importantes de la física han sido descubiertos, y éstos están tan firmemente establecidos que la posibilidad de ser reemplazados como consecuencia de nuevos descubrimientos es extremadamente remota... Nuestros descubrimientos futuros se harán en la sexta cifra decimal.

Pero otros no estaban tan seguros. En una conferencia dada en 1900, Lord Kelvin inició con las siguientes palabras: "La belleza y claridad de la teoría dinámica, la cual asegura que la luz y el calor son modos de movimiento, en el presente está oscurecida por dos nubes." La primera de estas nubes se concentró en una simple pregunta: ¿cómo es que la tierra se puede mover a través de un sólido elástico como lo es el éter? (en el cual se suponía que las ondas electromagnéticas se propagaban). La segunda se asoció a la falla de la "doctrina de Maxwell-Boltzmann sobre la equipartición



de la energía" para predecir algunos resultados experimentales.

Ninguna de estas nubes estaba destinada a ser disipada por la descripción clásica; se necesitaron nuevas ideas. La primera se evaporó muy rápido cuando Einstein introdujo la teoría de la relatividad. La segunda se evaporó más lentamente, requiriendo no sólo de la introducción de Planck del cuanto de energía $h\nu$ sino también de la evolución de una nueva mecánica: la mecánica cuántica.



Las teorías de la relatividad y la mecánica cuántica representan dos grandes remodelaciones conceptuales de la física clásica que fueron requeridas para llevar la física hacia la era moderna. La teoría cuántica, propuesta primeramente por Planck en 1900, surgió de la falla de la física clásica para explicar la observación experimental de la distribución de energía en el espectro de un cuerpo negro: suponiendo que la radiación electromagnética era emitida por osciladores armónicos, cuyas energías podían cambiar sólo en saltos discretos de cantidad $h\nu$, Planck pudo llevar a la teoría y al experimento en concordancia. En los siguientes 25 años se confirmó en forma asombrosa la hipótesis cuántica en varias áreas de la física.

Los fenómenos cuánticos

La mejor forma de estudiar el movimiento de los objetos que vemos cotidianamente, como son los coches, planetas, etc., es en términos de su posición y de su velocidad. Por ejemplo, sabemos que una pelota recorre una curva que identificamos como una parábola cuando

es lanzada al aire y no hay viento o alguna otra cosa que perturbe su movimiento. Sin embargo, cuando los objetos son muy pequeños, del tamaño de átomos o electrones, se ha encontrado que ya no es posible describir su movimiento en esta forma y también se ha encontrado que ocurren fenómenos que nos pueden parecer extraños. La teoría física que describe los fenómenos en el mundo microscópico es la mecánica cuántica.¹

En el mundo microscópico los fenómenos son muy diferentes a lo que sucede en nuestra experiencia cotidiana. Debido a que los objetos de los que hablamos son tan pequeños, no podemos observarlos sin interferir demasiado en su movimiento y causar una perturbación que puede cambiar completamente su estado físico. Para ponerlo en términos más familiares, esta situación sería similar a que un *Tiranosaurio Rex* hambriento estuviese observando sus alrededores y nos descubriese. Darnos cuenta de esto sí que alteraría nuestro estado de ánimo.

Según las leyes de la mecánica cuántica, además de que no podemos determinar simultáneamente la

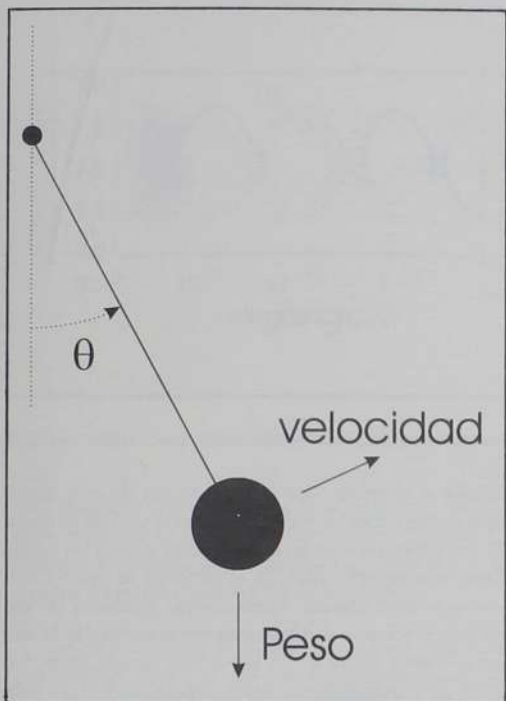


Figura 1. El péndulo simple.

posición y la velocidad de algún objeto con precisión absoluta, sólo podemos conocer la probabilidad de encontrar al objeto en alguna posición en particular o con cierta velocidad; este es el contenido del *principio de incertidumbre*. Guardando las debidas proporciones, este esquema es similar a cuando una madre o un padre pierde a su hijo en un centro comercial: sabemos que la probabilidad de que el niño se encuentre cerca de donde se encuentra su madre es grande, pero no el lugar exacto o si está corriendo o tirado en el suelo, durmiendo o llorando.

Dependiendo de cómo observamos a una partícula subatómica, en determinadas condiciones puede llegar a comportarse como una onda y generar patrones de interferencia: tenemos entonces la *dualidad onda partícula*. En este caso no existe una analogía clásica a la que podamos recurrir para ilustrar este principio con hechos cotidianos. Sin embargo, si prevaleciera el principio de dualidad a nivel macroscópico tendríamos que esto sería similar a que nos lanzaran una pelota

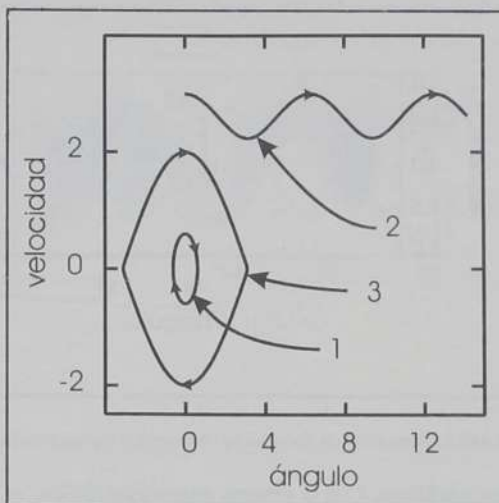


Figura 2. Trayectorias posibles del péndulo simple.

de tenis y se convirtiera en algo difuso que sabemos que está moviéndose, que le puede afectar todo lo que se encuentre cerca, como por ejemplo el latido del corazón de una ave que estuviera volando sobre nosotros. Sería muy difícil golpear una pelota como esa, pues sólo podríamos intuir que se encuentra en algún lugar cercano, probablemente moviéndose hacia nosotros; sin embargo, si lográsemos golpearla con la raqueta, en ese momento ésta se convertiría de nuevo en una pelota común y corriente (clásica).

En otras ocasiones las partículas microscópicas son capaces de cruzar barreras a pesar de que no tienen suficiente energía para hacerlo: tenemos ahora el *efecto túnel*. Esto se puede comparar con la situación en la que al estar realizando una caminata en una excursión, exhaustos, encontramos con que todavía nos falta un buen tramo por subir en una pendiente y de improvisto aparecemos en el otro lado de la montaña. Para una partícula microscópica, aunque no tenga la energía para subir por la pendiente, hay una probabilidad de que pueda "subir" por ella y aparecer del otro lado de la montaña.

Mientras los objetos no se muevan a velocidades cercanas a la de la luz, se ha verificado que la mecánica cuántica es la teoría que describe los fenómenos

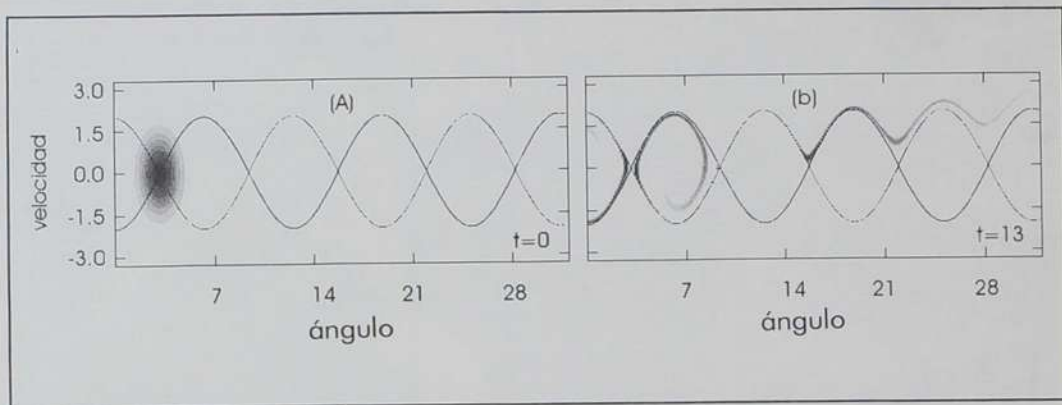


Figura 3. Distribución de densidades de probabilidad clásicas para la velocidad y el ángulo de un péndulo simple.

microscópicos. Con la extrema miniaturización que se está dando en la electrónica y en la ingeniería, el entendimiento de los fenómenos microscópicos es importante. Aunque la mecánica cuántica se desarrolló a principios de siglo y describe muy bien a los fenómenos microscópicos, todavía no es clara la forma en que se debe hacer la transición al mundo macroscópico.

Análogos clásicos

Aunque la mecánica cuántica no permite describir el movimiento por medio de la posición y de la velocidad simultáneamente, algunos autores han propuesto nuevas formas para obtener una descripción que considere a ambas cantidades. Aunque estos métodos nos ayudan a entender mejor el comportamiento de los sistemas cuánticos, las conclusiones que se puedan obtener deben tomarse con cierta reserva. A continuación mostraremos una de las conclusiones que se obtienen al utilizar estos métodos y que es una característica presente sólo en los sistemas cuánticos.² Pero antes necesitamos una pequeña introducción.

Consideremos un sistema en concreto, el sistema que se conoce como el péndulo simple y que consiste en un peso colgado de un alambre recto sin masa que no puede deformarse (figura 1). En un péndulo se encuentran tres tipos de movimientos. Cuando el péndulo tiene poca energía, éste oscila alrededor de la posición de equilibrio. Si llamamos θ al ángulo que el péndulo forma con la vertical y v a la velocidad con la que se mueve perpen-

dicular al alambre, una representación de este movimiento sería como el indicado en la curva 1 de la figura 2, una curva cerrada en el plano v vs. θ (que los físicos llamamos espacio fase). Si el péndulo se mueve con una velocidad grande, daría vueltas alrededor del eje de rotación, como se representa con la curva 2 indicada en la misma figura 2. La curva que separa estos dos tipos de movimiento se llama separatriz, la cual está marcada con un 3 en la figura 2, y representa al movimiento del péndulo cuando tiene la energía necesaria para que no gire completamente y se quede en el lugar más alto del movimiento.

Es posible describir este sistema clásico dentro del esquema de la mecánica cuántica. Como la mecánica cuántica sólo habla de probabilidades de encontrar al sistema con tal o cual ángulo o velocidad, vamos a recurrir entonces a una forma de representar estas densidades, en particular una de las densidades que se han propuesto y que contienen al ángulo y velocidad simultáneamente. En la parte izquierda (a) de la figura 3 se muestran la separatriz para el péndulo y una densidad de probabilidad inicial en la que la parte más oscura indica que es más probable encontrar al sistema con ese ángulo y velocidad. Supongamos primero que el sistema es clásico y se prepara en tal forma que esa es la probabilidad inicial, probabilidad que va a cambiar conforme el tiempo pase. Como la probabilidad es diferente de cero para los tres tipos de movimiento del péndulo, habrá partes de la probabilidad que oscilarán en la región dentro de la separatriz, una parte muy pequeña se moverá sobre la separatriz y el

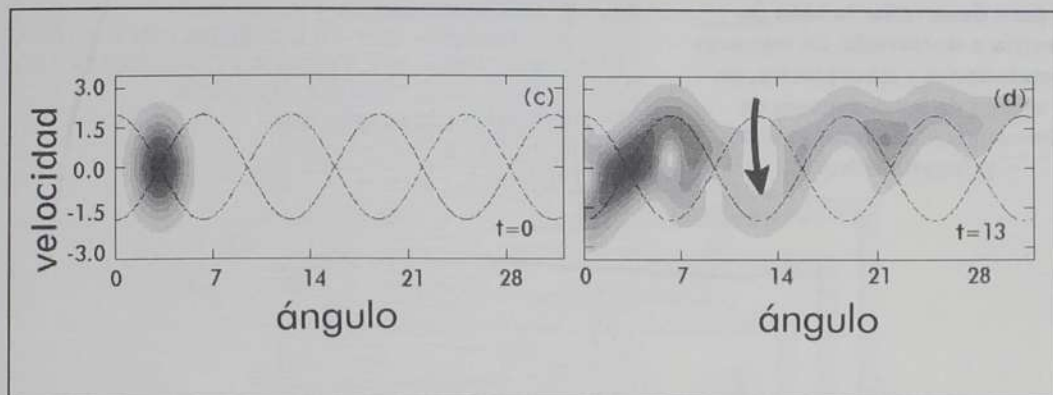


Figura 4. Distribución de densidades de probabilidad cuánticas para la velocidad y el ángulo de un péndulo simple.

resto describirá una curva fuera de la separatriz. Así que después de que ha transcurrido un tiempo, digamos 13 unidades arbitrarias, la probabilidad es como la que se muestra en el lado derecho (b) de la figura.

Una de las cosas que notamos en la evolución de la probabilidad clásica es que ésta siempre se mueve de acuerdo a los tres tipos de movimientos de los que hablamos antes: oscilaciones dentro de la separatriz, sobre la separatriz o fuera de la separatriz. La separatriz nunca es cruzada por la distribución de probabilidad.

En el caso cuántico, la probabilidad evoluciona en forma similar, con la diferencia de que puede cruzar la separatriz, como lo hemos marcado con una flecha en la parte derecha de la figura 4. Así que la probabilidad cuántica puede explorar regiones que tiene prohibida la probabilidad clásica. Este es un efecto netamente cuántico que está presente en todos los sistemas con una separatriz, aun en los sistemas llamados caóticos, y que puede encontrarse solamente al analizar las probabilidades cuánticas en términos del ángulo y la velocidad.

Conclusión

La escala de energía que caracteriza a los fenómenos cuánticos que ocurren en el mundo microscópico está determinada por la constante de Planck $\hbar$ (6.626×10^{-34} Joules x seg).

En los cursos elementales de mecánica cuántica se menciona que las descripciones (soluciones) obtenidas a partir de ella se reducen a descripciones de la mecánica clásica si se toma el límite $\hbar \rightarrow 0$. El propósito del presente artículo es mostrar con un ejemplo sencillo (el péndulo simple) que debemos ser muy cuidadosos al tomar ese límite. Propusimos que una manera de tener control sobre la transición del mundo microscópico (cuántico) al macroscópico (clásico) es a través del estudio de densidades de probabilidad clásicas que representan el análogo clásico de sistemas cuánticos que pueden ser descritos en el espacio fase.

Con ello esperamos que este corto artículo haya servido para dar una idea de lo que es la mecánica cuántica.



Notas

- 1.- Véase, por ejemplo, Stephen Gasiorowicz, Quantum Physics. (Wiley, Nueva York, 1985).
2. G. Torres Vega, K. B. Moller y A. Zúñiga Segundo, "Role that separatrices and stochastic webs play in quantum mechanics," por publicarse en *Phys. Rev. A*.

El Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) con el apoyo de la CFE y del CONACYT, ofrece becas para desarrollar la tesis de maestría o doctorado, en nuestras instalaciones y laboratorios, en alguno de los proyectos de investigación tecnológica de nuestro instituto.

BECAS PARA REALIZAR TESIS

MAESTRIA
DOCTORADO

BECAS PARA ESTUDIANTES Y EGRESADOS DE POSGRADOS EN:

- FISICA
- INFORMATICA
- INGENIERIA CIVIL, EN COMPUTACION Y SISTEMAS, ELECTRICA, ELECTRONICA Y COMUNICACIONES, MECANICA, NUCLEAR Y QUIMICA
- MATEMATICAS APLICADAS
- QUIMICA
- OTRAS

BENEFICIOS

- Beca económica
- Asesoría de investigadores
- Asistencia a cursos de capacitación
- Posibilidad de asistencia a seminarios y/o congresos internos
- Posibilidad de contratación en el IIE como investigador al término exitoso de su estancia
- Promoción en la bolsa de trabajo del IIE al término de su estancia
- Acceso a utilizar la infraestructura institucional, relacionada con su programa de trabajo

REQUISITOS

- Promedio general no inferior a 80/100
- Buen desempeño académico
- Ser mexicano
- Haber acreditado las materias del programa de maestría y doctorado y tener la aprobación de su institución para comenzar la tesis
- No tener más de 18 meses de haber iniciado el programa de maestría

Evaluación académica: ¿el ocaso de los criterios numéricos?

Bogdan Mielnik

Vender ilusiones

Las reglas de evaluación académica en México despiertan muchas polémicas y críticas. Sin embargo, mirando desde afuera, las instituciones locales ofrecen una solución casi única en su género. En muchos países han proliferado últimamente las organizaciones que apoyan a las ciencias. Lo hacen, no obstante, sobre la base de *proyectos* en los cuales los investigadores reportan de antemano sus actividades y resultados *futuros*. Tal esquema se degenera fácilmente en una "ingeniería de clarividencia burocrática" que consume tiempo y energía (con pérdidas obvias para la ciencia) y además acostumbra a los científicos a "vender ilusiones".

En realidad, es bastante obvio que los *proyectos* nacieron en otros esquemas. Son adecuados para construir puentes y líneas del metro (quizás también para embotellar Coca Cola); en ciencias, para construir grandes laboratorios, aceleradores, etc. El método, sin embargo, no sirve tan bien para apoyar a los investigadores individuales. El proyecto puede incluso causar daños si se trata de forzar a un matemático a prever los teoremas que va a demostrar durante el año próximo. (Además, si esto fuera posible, ¡ningún trabajo de investigación sería ya necesario!).

En este punto, en los sistemas nacionales de evaluación (SNI, PRIDE, COPEI y otros) interviene un esquema nuevo: apoyar a un investigador exclusivamente según sus resultados ya obtenidos, sin forzarlo a las "ingenierías clarividentes". Me parece que debido a

El Dr. Bogdan Mielnik es investigador titular del Departamento de Física del Cinvestav.



este simple aspecto la "doctrina mexicana" merece expansión y que tiene posibilidades de ganar visibilidad como una opción interesante para las instituciones científicas mundiales. Debido a este mismo aspecto, no obstante, las comisiones evaluadoras tienen que asegurar cuidadosamente la evaluación objetiva del trabajo científico, y ¡aquí aparecen los problemas!

Durante un amplio periodo parecía posible basar las evaluaciones sobre parámetros estrictamente numéricos -evitando subjetivismos, favoritismos, etc.- En la última década, no obstante, las ciencias evolucionaron rápido, causando verdaderos terremotos en los criterios de evaluación. Como resultado, la técnica de calcular publicaciones y citas empieza a dar imágenes falsas. Este fenómeno surge especialmente en los esquemas de trabajo colectivo, en los cuales la contribución individual de un investigador resiste las pruebas para definirse (y si se pasa por alto el problema pueden cometerse errores graves). Entre esos esquemas elegí dos para una discusión más detallada.

La balsa

Es el único nombre que se me ocurre para caracterizar el método de trabajo típico en ciertas áreas experimentales. Imaginemos dos grupos científicos, cada uno de 10 investigadores. El primer grupo consta sólo de

investigadores con proyectos individuales. En el lapso de 2 años cada investigador del primer grupo publica 1 o 2 trabajos como *autor único*. El grupo tendrá alrededor de 15 trabajos durante 2 años. En el segundo grupo prevalece el trabajo colectivo. Cada investigador genera una idea de trabajo; no obstante, desarrolla sólo un fragmento del proyecto, invitando a los demás a colaborar como coautores. Después de 2 años, el segundo grupo (*la balsa*) tendrá en total 10 publicaciones; sin embargo, cada miembro reportará (incorrectamente!) que "tiene 10 publicaciones". Las comisiones evaluadoras obtendrán una imagen completamente falsa: la de una actividad mediana de los investigadores del primer grupo pero, simultáneamente, de una alta productividad y gran vigor creativo de los investigadores del segundo. Nuestro cálculo de publicaciones produce ilusiones, con efectos muy palpables (promociones, contrataciones, apoyos institucionales, etc.).

¿Es entonces el trabajo colectivo un "esquema de espejismos"? No necesariamente. Observando el trabajo científico en México se nota que *la balsa* es básicamente un arreglo benigno y útil, a veces indispensable (ciencias experimentales). La productividad promedio de una balsa (i.e., producto total durante un año), típicamente, es comparable con la productividad de un número igual de los investigadores individuales - siempre y cuando se le evalúe sin mistificar y sin inflar los números (el cómo hacerlo es una cuestión aparte).



Desgraciadamente, la calidad de los miembros de las grandes colaboraciones no se puede medir por la lista de sus *collaboration papers*. Estos artículos surgen como un automatismo; lo que dicen es simplemente que el investigador pertenece al grupo. (El Prof. T. Hofmøll, uno de los "tiburones" del CERN, me confesó "ser autor" de 5 publicaciones ¡cuya existencia durante largo tiempo ignoraba!). Aun si los trabajos de un laboratorio son excelentes, informan acerca de una "persona moral" (= un laboratorio transnacional); sin embargo, las comisiones del SNI y otros sistemas tienen que evaluar a las personas físicas!

Consultando a los investigadores involucrados se nota que los miembros de las colaboraciones no logran proponer ninguna doctrina para su evaluación. Por un lado abogan por la idea que las colaboraciones son una "ciencia totalmente nueva" y que "es inútil aplicar los criterios viejos". Por otro lado, en cada caso concreto insisten que sus logros sean tratados precisamente según los criterios viejos (i.e., calculando simplemente los números de publicaciones, como si no existiera ninguna diferencia entre un trabajo de dos o tres autores ¡y un reporte de laboratorio firmado por 300!). Y así, las comisiones obtienen montículos de publicaciones en *Phys. Rev. Lett.* etc, en donde las listas de autores asemejan a cajas de palomitas, con la insistencia de cada miembro del grupo que eso son *sus publicaciones*. Es muy obvio, sin embargo, que esto es precisamente el

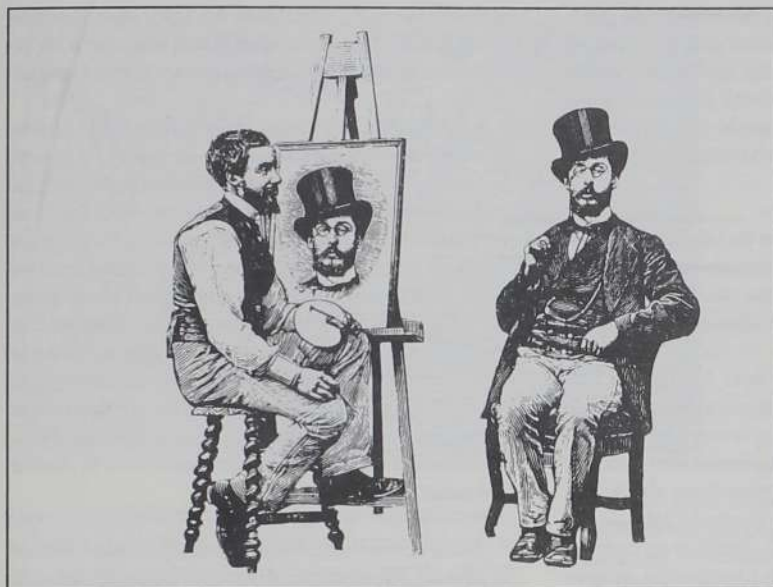
punto en donde el fenómeno nuevo requiere de una evaluación nueva. ¿Cuál debería ser? ¿Cómo reconocer las personalidades independientes dentro de los arreglos colectivos? Me parece que vale la pena considerar las siguientes ideas:

(1) Algunos investigadores que ya lograron éxitos dentro de una colaboración empiezan a diversificar sus publicaciones. Aparte de ser coautores de colaboraciones, comienzan a publicar trabajos en grupos más pequeños e incluso trabajos individuales. La existencia de tal creatividad paralela podría ser considerada como un signo de independencia de un investigador.

(2) Quizás hay que devolver parte de su prestigio a los *artículos en memorias*. En el caso de los miembros de las colaboraciones, una secuencia de pláticas invitadas a simposios, foros internacionales y otras reuniones de excelencia, y un número respetable de artículos en memorias (¡escritos de manera individual!) podría documentar la independencia de un investigador dentro del equipo.

(3) El trabajo de graduar a estudiantes de maestría o doctorado debería ser tomado en cuenta muy seriamente siempre y cuando la tesis origine publicaciones fuera del arreglo colectivo. Pero con muchas reservas si la tesis fue respaldada solamente por trabajos colectivos (ya que entonces entran en juego los automatismos).

(4) Se debería prestar atención a si el investigador ha sido invitado (de manera sistemática) como



árbitro en revistas internacionales de prestigio: tales invitaciones serían una demostración de que su aportación *individual* fue notada en el "mercado científico".

Hablando mal de la cienciometría

Lo que presenté en la sección anterior concierne al campo de la física; sin embargo, otras voces indican que problemas de la misma índole afectan a otras áreas y que la crisis de los criterios numéricos *simples* es un fenómeno general. Me permito citar fragmentos de una comunicación del Dr. Carlos Larralde elaborada dentro de las comisiones del SIN (área II) que describe las siguientes consecuencias negativas de la evaluación numérica¹:

"... La multifragmentación de una obra en un conjunto de publicaciones puntuales que dificultan la comprensión cabal de un hecho científico, la formación de clubes de autores en condominio cobijados en los supuestos de la colaboración multidisciplinaria..."

Lo que preocupa especialmente aquí a Larralde "... no es la miscelánea de patologías científicas [...] sino el

efecto que podría tener [...] sobre la selección del trabajo científico a realizar: modesto o ambicioso, seguro o riesgoso, paradigmático o subversivo, una aventura o un paseo por el parque..." "...Yo me inclinaría por la ambición científica, por altos dividendos del riesgo, por el avance en la subversión del paradigma [...] y por la emoción de la aventura, aun a costa de perder nitidez en los indicadores numéricos..."

Estas observaciones me parecen muy correctas. Existe un cierto precio y ciertos daños que causan los "apoyos burocráticos" a las ciencias, artes y letras. El problema es fascinante y debería ser abierto a la investigación científica. Me parece incluso, que además de ensayos como el presente, debería generar también tesis doctorales serias en el tema abreviado: "Daños burocráticos". No obstante ¿Quién tendrá la osadía de dirigirlos? (El problema es por supuesto internacional. Me comenté muy francamente uno de mis colegas en la Universidad de Texas: *il do not want to be fired!*). Mientras todavía no se hayan efectuado estudios, ¿cómo debería evaluar el SNI, la COPEI, etc., para precisamente no causar los *daños burocráticos*?

En *El Financiero* leí las siguientes frases irónicas de R. Pérez Tamayo acerca de los métodos numéricos²: "Esta filosofía (de evaluar) consiste en juzgar la calidad

del trabajo científico en función del número de publicaciones del investigador, junto con el prestigio internacional o "impacto" de las revistas en donde aparecen sus artículos (determinado por una compañía comercial norteamericana) y con el número de veces que han sido citados por la misma compañía comercial norteamericana".

Frases amargas con un grano de verdad. Es cierto, pues, que la ciencia de hoy es manipulada (¡y lo será en el futuro!). Desgraciadamente, los científicos tenemos una posición demasiado alta como para que nos dejen en paz, para que el prestigio de un científico dependa sólo de un mercado totalmente libre. Así, la ciencia es objeto de intervenciones: la manipulación sistemática a través de los editores, lobbies y revistas influyentes; espontánea, por una especie de porismo internacional. Dentro de los esquemas manipuladores destaca la importancia de tener un nombre conocido, estar dentro de una "nomenclatura científica", aparecer en carteles, estar en una institución clave (la importancia de estar en Harvard, Oxford o al menos Hamburgo, para publicar sin problemas). Abundan los ejemplos de *wrong paper of the right author* (casi siempre publicados) y de *right paper of the wrong author* (siempre sujetos a una "censura de prensa"). Por supuesto, el tema también merece algunas tesis doctorales. ¿A ver quién se interesa? ¿Enfrentamos o no el reto?

Ideas para una evaluación cualitativa

Surge una pregunta de inmediato: ¿debemos entonces renunciar a los criterios numéricos (factores de impacto del SCI, etc.)? Cité arriba varias opiniones críticas, sin evitar las más extremas y más ásperas, para no perder de vista el "núcleo de la dificultad". La respuesta, sin embargo, me parece negativa. Uno de los mayores peligros para cualquier rama de las ciencias (¡peor que la evaluación imperfecta!) es perder contacto con el resto de la ciencia mundial.

Comparar los resultados científicos en cualquier área con los resultados mundiales es absolutamente indispensable. La alternativa son los procesos degenerativos muy rápidos. Los científicos tienen que competir en el foro mundial, tal como es ese foro, con todas sus fallas e

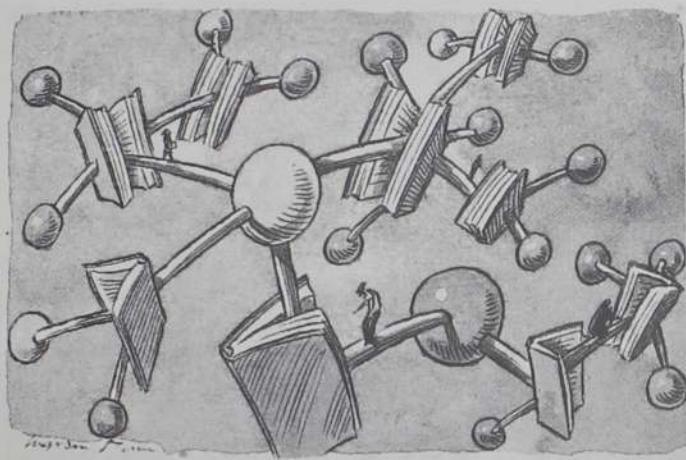
imperfecciones. La evaluación del SNI y otros sistemas de evaluación debe (entre otras cosas) estimular a un investigador en su lucha en aquel mercado. ¿Cómo lograrlo?

Las bases de una evaluación justa (¡que no consiste en obedecer a las compañías comerciales!) ya fueron creadas por las comisiones. Los datos numéricos en tal evaluación son indispensables (la alternativa es entonces la arbitrariedad y la patología). Sin embargo, los números deben ser tomados con un grano de sal (o con muchos granos); deben ser iluminados por algunas ideas claves y análisis finos. Las ideas claves ya están presentes: la *competencia* profesional, la *independencia* y el *liderazgo* internacional y me parecen muy correctamente elegidas. Las comisiones saben muy bien que los *puros números* no aseguran una evaluación justa y que los datos estadísticos o comerciales no contienen toda la verdad (y a veces muy poca).

Así, el número de trabajos expresa la energía creativa de un autor. ¡No obstante, el demonio está en los detalles! ¿Debemos simplemente calcular el número de títulos sin importar el número de colaboradores y el volumen de los trabajos? ¡Las evaluaciones falsas serían flagrantes!

El número de citas ilustra el éxito de un investigador en el "mercado mundial de vanidades". Sin embargo, el demonio otra vez está en los detalles. ¿Debemos simplemente calcular números absolutos? ¿Qué pasará si un autor obtuvo una avalancha de citas por un trabajo compartido con un coautor muy fuerte y mundialmente reconocido? ¿Son suyas las citas o es que «el mercado» ya se acostumbra a citar su socio fuerte? ¿Otro autor fue citado *n* veces; pero lo citaron en alguna ocasión los líderes mundiales? ¿Fue su trabajo mencionado, o fue discutido ampliamente? ¿Fue su idea seguida, fue reconocida como una fuente de inspiración para otros? ¿Despertó polémicas? La respuesta positiva a alguna de estas preguntas despertará a un "demonio cualitativo" que va a renormalizar los números a favor del autor.

Ciertas "trampas de evaluación", por supuesto, son inevitables. Casos extremos siempre preocupan a los evaluadores; e.g., ¿qué hacer cuando un autor fue citado ampliamente por sólo un trabajo y el resto casi no tiene repercusión? ¿Cómo cotizar a un cantante de un solo éxito? ¿Podrá promoverse? Inclínandome "por altos dividendos del riesgo"¹ yo diría que sí; por supuesto si el éxito fue "íntimamente suyo" (un caso así, de hecho, es



conocido en la física). Otro desafío en la evaluación surge debido a la diferencia entre temas y áreas. Pasa a veces que algunos investigadores obtienen menor crédito debido a que una comisión puede considerar 'estéril' su área y con menor perspectiva en el futuro. Me parece que las críticas del área cuando evaluamos a un investigador individual son inaceptables. ¡Nosotros no podemos prever el futuro y no debemos tratar de hacerlo! Recuerden los métodos de Darboux que parecían un rincón casi olvidado del siglo XIX. Hoy, después de 100 años, regresan como uno de los mayores éxitos en mecánica cuántica supersimétrica! Ejemplos de esta índole abundan. A pesar de todos los problemas y trampas de evaluación, me parece que las comisiones de hoy (SNI, COPEI, etc.) ya aplican instrumentos finos, evitando trampas asociadas a las "numerologías compulsivas".

Pensando positivamente en el SNI

Quizás conviene reconocer el esfuerzo que hace últimamente el SNI. No me refiero aquí a los problemas técnicos que persisten, sino al aspecto fundamental. Tengo la impresión de que parte de las críticas que enfrenta el SNI se debe al exceso de confidencialidad y falta de información. Esto desaparecería al presentar una guía corta acerca de los principios del organismo, incluyendo más detalles sobre los criterios y prácticas de evaluación (e.g. acerca de los umbrales numéricos

esperados para llegar a cada nivel, acerca de la naturaleza de los criterios cualitativos que pueden corregirlos). En muchos currículos del SNI (o de la COPEI) falta claridad acerca de estos conceptos. En especial, los méritos cualitativos no son bien entendidos (e.g., muchos investigadores invocan las becas de posgrado o las membresías como "distinciones"). Lo que sigue, son desilusiones y críticas. El investigador mejor informado verá que el SNI, la COPEI u otros organismos no son cuerpos *hostiles*, replicas del Santo Oficio creado para castigar sus pecados, sino organismos amistosos que no se dejan engañar, pero que "piensan positivamente" de su trabajo y ven con agrado sus logros. Sin perjudicar la confidencialidad de los casos particulares, quizás sería bueno dar más publicidad a los "paradigmas internos", ideas, umbrales numéricos y criterios cualitativos.

En fin (¡y esto incluso debería interesar a la prensa!), vale la pena notar un aspecto muy crucial de las instituciones locales. De hecho, todo el sistema educativo en México tiene una ventaja genérica que lo distingue de sus análogos mundiales. Noten por favor: esto no es para halagar a la *aplaudocracia local*. Cuando una institución mundial presta apoyo a la ciencia, típicamente lo hace sobre la base de un *concurso*. Hay muchos científicos excelentes, pero no todos serán promovidos. (¿Se dan cuenta ustedes de los trámites y luchas necesarios para obtener el puesto de "Profesor Honorario" en EUA?). Para promoverse a cualquier puesto en Europa o en EUA, ciertamente no basta *merecer el grado*. El puesto es uno, los candidatos

muchos; después de múltiples esfuerzos y traumas solamente uno de ellos será promovido! Para decir la verdad, yo no conozco otros lugares en donde basta con simplemente merecer el grado para obtenerlo. La moraleja es que quizás estamos demasiado hipnotizados por "los esquemas del mal" (esto incluye al SNI y otras comisiones) y se nos olvidan los logros del sistema (esto también incluye a las comisiones evaluadoras). El sistema, mientras tanto, ha logrado algo sumamente no trivial. Mirándolo bien, vivimos en un "paraíso laboral de investigadores" en donde cada uno recibe lo que merece según reglas codificadas. ¡Qué lástima que esto incluya tan sólo a los científicos! Sin embargo, mientras existe tal fenómeno, más vale cultivarlo que destruirlo.



Notas:

1.- C. Larralde, comunicación a la comisión dictaminadora del área II del SNI.

2.- R. Pérez Tamayo, *El Financiero*, 8/12/97, p. 88.



Evaluación e innovaciones en el aprendizaje

Paul Black

Este trabajo presenta una breve introducción general de los propósitos de la evaluación y continúa con el examen de dos puntos centrales: validez y evaluación formativa. Estos planteamientos constituyen una base para la siguiente sección sobre el papel de la evaluación en el mejoramiento de la enseñanza y el aprendizaje. Una sección final considera la importancia de una propuesta sistemática en programas que apuntan a la reforma en la educación en ciencias.^{1,2}

Propósitos de la evaluación

El primero —tener registros sobre los logros de los estudiantes con el propósito de certificación— produce «pasaportes» para empleos o educación superior. Para llevar a cabo esta función, la evaluación tiene que gozar de la confianza pública y debe ser resolutoria.

La segunda función es registrar los logros de grupos, clases o escuelas, de tal manera que se pueda juzgar públicamente a cada escuela y al sistema educativo a nivel nacional o estatal. Para lograr este propósito se hace uso de diversos sistemas de monitoreo regional y nacional y comparaciones a nivel internacional.

La tercera función sirve para la enseñanza y el aprendizaje mismos. Aquí la evaluación debe proporcionar información acerca del aprendizaje de cada estudiante, sobre la base de la acción que debe ser llevada a cabo para satisfacer sus necesidades de aprendizaje. Tal evaluación es formativa o de diagnóstico.

El Dr. Paul Black es profesor emérito de educación en el King's College de Londres. La versión en inglés del presente texto será publicada en las memorias de la Conferencia de la OECD de Oaxtepec, octubre de 1997. Traducción de Gloria Novoa de Vitagliano.



Cada una de estas funciones requiere, en principio, una información sobre la evaluación que es distinta de la que requieren las restantes funciones. En la práctica, con frecuencia es necesario hacer uso de la misma información para dos o tres de ellas y siempre existe tensión entre las necesidades de estas diferentes funciones.

Evaluación válida

La evaluación de la respuesta de un estudiante en cualquier actividad involucra una interpretación, o el conocimiento de las dificultades que tiene dicho estudiante, para saber qué ayuda necesita, mientras que para propósitos de recapitulación la labor es determinar el alcance del trabajo del estudiante a fin de llegar a determinados criterios. El profesor que conoce el trabajo del estudiante puede interpretarlo en forma diferente a como lo haga un examinador externo. Un profesor de tecnología en los Países Bajos ilustra este punto:

La evaluación de actividades prácticas es más complicada. Muchos profesores toman en cuenta la forma en que determinado trabajo ha sido producido. En otras palabras, se evalúan tanto el resultado como

la forma en que se realizó dicho trabajo. La evaluación del profesor sobre partes del trabajo es personal, aunque se haya tratado de usar criterios objetivos (por ejemplo, la comparación de un dibujo como pauta de la asignatura).

La justificación para tomar en cuenta la forma en la que un trabajo ha sido producido es que todas las deducciones a las que se llegue sobre el resultado de la evaluación acerca de la habilidad de un estudiante para llevar a cabo ciencia práctica pueden ser más confiables si se hace esto. Este debate está dirigido al concepto de validez. Una autorizada definición expresada por Messick señala que:

La validez es un juicio evaluador que integra el grado con el cual la evidencia empírica y los principios teóricos fundamentan lo adecuado y lo pertinente tanto de las inferencias como de las acciones basadas en resultados de tests o de otras modalidades evaluativas.

Será más viable satisfacer los criterios de validación, en la medida en que la evaluación sea más congruente con la actividad a la cual se aplican sus resultados. A la luz de esto, la evaluación en el salón de clase arroja mejores resultados, en general, que las pruebas formales escritas y cronometradas, porque tales pruebas formales presentan una situación que, inevitablemente, es artificial.

Evaluación formativa

El rasgo distintivo de la evaluación formativa es que la información que se obtiene se emplea para modificar el programa de aprendizaje - es de poca utilidad reunir información a no ser que se actúe de acuerdo a ella. En virtud de que la información de la evaluación seguramente revela la heterogeneidad en las necesidades de aprendizaje, las acciones consecuentes habrán de incorporar formas diferenciadas de enseñanza.

La capacidad de los estudiantes para juzgar su propio trabajo es algo más que un dividendo en una evaluación formativa que sea adecuada. La autoevaluación en el momento del aprendizaje, es crucial para el desarrollo de conocimientos complejos mediante la reflexión sistemática. Sin embargo, las revisiones de la práctica de la evaluación formativa en varios países mostró que no ha

sido explotado su potencial para mejorar la enseñanza y el aprendizaje, y que hacerlo requeriría de cambios significativos en la práctica del salón de clases. La retroalimentación formativa requiere más que la corrección de errores - necesita del conocimiento de sus causas. Además, los estudiantes deben compartir el modelo de enseñanza del profesor, lo cual da sentido a los criterios empleados. Por ello, el desarrollo de la evaluación formativa implica cambios en el desempeño de los profesores y los estudiantes.

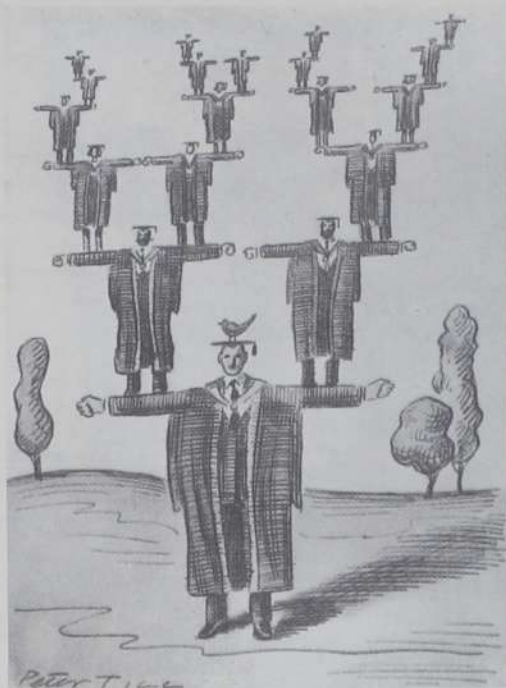
El siguiente comentario de un profesor interesado en la transformación de la enseñanza de las ciencias en España ilustra la importancia de modificar las ideas de los estudiantes acerca de la evaluación:

... [dicho profesor] desde el inicio del año escolar trata de convencer a los alumnos que los exámenes en sí tienen sólo importancia secundaria y lo que vale en realidad es lo que ellos aprenden, en vez de lo que sus calificaciones señalan. Normalmente después de cualquier prueba, lo que los estudiantes quieren saber son sus calificaciones. Para el profesor, la cosa más importante es que los estudiantes se deshagan del concepto punitivo de la evaluación, que ha estado golpeándolos durante tantos años.

He aquí el testimonio de un profesor español sobre lo difícil que es que los estudiantes logren desarrollar la capacidad de autoevaluación de su propio aprendizaje:

La idea de la autoevaluación es difícil, porque los estudiantes no comprenden cabalmente la idea y sólo piensan en las calificaciones de su examen. Hablando en términos generales, no reflexionan sobre su propio proceso de aprendizaje en una forma global. [Ellos piensan] que su evaluación tiene que ver más con el esfuerzo que hacen que con lo que realmente han aprendido. En efecto, la razón principal de por qué los estudiantes fallan es su falta de técnicas de estudio, ya que tienden a tratar simplemente de memorizar cosas.

Otros estudios han demostrado que los alumnos creen que el propósito de las evaluaciones es obligarlos a trabajar más, y como la evaluación no se usa para decirles cómo pueden trabajar en forma diferente, ven en dicha evaluación la causa de una presión que sólo les produce angustia.



Si bien las autoevaluaciones de los maestros tienen que estar estrechamente coordinadas con sus planes de trabajo, no se sigue de allí que agentes externos no puedan apoyar ese trabajo. En algunos países, los programas nacionales de evaluación han proporcionado temas de evaluación para profesores en el momento y en la forma en que lo encuentren útil. Una innovación nacional en Francia ha ido más allá estableciendo el requisito de hacer pruebas en matemáticas para todos los estudiantes en tres etapas - tercer grado (a la edad de 8 años, a la mitad de la escuela primaria), sexto grado (a la edad de 11 años, al inicio de la secundaria) y décimo grado (a la edad de 15 años, al inicio del último período de secundaria). De acuerdo a esta iniciativa, las pruebas se hacen al inicio de un nuevo año escolar, en tal forma que el énfasis se pone no en evaluar el trabajo pasado, sino en el suministro de una base para el diagnóstico de un grupo de estudiantes al principio de su año escolar. Sin embargo, los profesores involucrados mencionaron que tuvieron dificultades considerables para hacer uso cabal de los resultados. Fue muy difícil de enfrentar el problema de proveer trabajo propedéutico que pudiera



satisfacer las amplias necesidades que se detectaron en las pruebas. He aquí un comentario de un profesor que expresa la preocupación de que esta práctica no sea realista:

El énfasis en "remediar", según las propuestas hechas a nivel nacional, creó expectativas que no pudieron ser satisfechas por la falta de medios. La transición a partir de los resultados de la evaluación para hacer un análisis de respuestas equivocadas y el desarrollo de técnicas propedéuticas —la meta original del ejercicio de adiestramiento— pareció imposible de alcanzar.

Evaluación e innovación en el aprendizaje

La mayor parte de los países participantes en el estudio de la OECD¹ mostraron su interés en capacitar a los estudiantes para:

- adquirir nuevas habilidades: por ejemplo, la capacidad de usar diferentes métodos para representar datos,
- adquirir métodos de trabajo científico incluyendo la observación y —más generalmente— adquirir métodos epistemológicos para estructurar sus procesos de aprendizaje,
- familiarizarse con nuevas técnicas, tales como el uso de computadoras y abrirse a nuevas posibilidades y
- volverse más activos y responsables de su aprendizaje.

El hecho de llevar a cabo y mantener tales actitudes en el aprendizaje requiere de cambios consistentes y que sean hechos tanto en el trabajo de evaluación de estudiantes y profesores como en el sistema nacional o estatal de evaluación. El aprendizaje activo es muy diferente al aprendizaje pasivo, y necesita de un rango más amplio de actividades de evaluación. Un profesor de California, interesado en el desarrollo de la evaluación de las investigaciones prácticas de los estudiantes nos da el siguiente ejemplo:

Los estudiantes son evaluados acerca de la solidez de su diseño experimental, su habilidad para defender sus propuestas, su destreza para tomar y organizar datos, y su entendimiento de "variables" experimentales y cómo todo ello afecta el resultado. Finalmente son evaluados sobre su habilidad para escribir una conclusión lógica del experimento que diseñaron y llevaron a cabo.

Se ha puesto de relieve que para los estudiantes la importancia de la autoevaluación se basa no sólo en el hecho de que la autoevaluación proporciona una mejor retroalimentación a los profesores, sino también en que promueve el trabajo de aprendizaje activo y responsable por parte de los propios estudiantes. Un profesor interesado en mejorar las autoevaluaciones en matemáticas de los estudiantes en Noruega expresó esto claramente:

La autoevaluación de los alumnos tiene como consecuencia que estén más motivados y conscientes en relación a su trabajo. Son más responsables, y sus



esfuerzos se centran más tanto en el largo plazo como en las metas.

La promoción del "aprendizaje mejorado" fue un aspecto clave en la innovación francesa, en la que los innovadores creían que era esencial identificar los niveles de comprensión conceptual de los estudiantes:

En el curso nacional el principio rector era: tenemos estudiantes frente a nosotros que no entienden lo que les estamos diciendo, independientemente del currículum o del método. Entonces lo que tenemos que hacer es rastrear sus procesos de pensamiento para encontrar dónde está el bloqueo y tratar de ver si podemos ayudar a cada alumno individualmente ... Se nos dijo claramente que tenemos que ampliar el espectro pedagógico de los profesores.

La introducción de la evaluación formativa puede requerir cambios radicales en la práctica de los profesores. Es casi imposible implantar una evaluación formativa en un programa existente de enseñanza - se requiere de un rediseño de todo el programa, para tener oportunidad de usarla.

Evaluación, cambio del sistema y coherencia

Un obstáculo para el desarrollo de la evaluación formativa es que entra en competencia con los aspectos puramente cualitativos y con la certificación, tal como un profesor de ciencias de California puso en claro:

Los esfuerzos para reformar la evaluación en la educación están dirigidos generalmente hacia la calibración de lo que los estudiantes han aprendido. Si los instrumentos de evaluación estandarizada miden solamente la cantidad de información científica que los estudiantes retienen, en lugar del nivel de pensamiento crítico que han desarrollado, o la profundidad de su entendimiento de los conceptos científicos, entonces los profesores y los administradores van a tener dificultad en convencer a la comunidad de que los cambios que se proponen el desarrollo de estas habilidades son para el bien de sus niños. A su vez, los líderes de la reforma tendrán también dificultades para convencer a los profesores y a los administradores de que participen en la reforma.

Las pruebas externas al sistema pueden dominar el trabajo de clase y socavar la evaluación formativa. Los métodos usados para tales pruebas proporcionan modelos pobres para una evaluación formativa, y la presión que ejercen puede generar rechazo hacia todo tipo de evaluación por parte de muchos profesores.

Si las pruebas externas cortas pudieran reflejar todos los propósitos de la enseñanza reformada, no habría nada más que decir. Sin embargo, existen serias dificultades. Un problema es que la muestra que pueden proporcionar dichas pruebas sobre el trabajo de un estudiante es demasiado limitada para dar una imagen confiable, particularmente de capacidad para entender y atacar problemas reales y complejos. Así pues, no es factible incluir tal actividad en un esquema de evaluación cuantitativa y de certificación, a no ser que sea evaluado por los propios profesores de los estudiantes. Otro problema es que los estudiantes frecuentemente leen mal la pregunta y pueden recibir una mala calificación porque quien califica no puede entender la calidad del pensamiento cuando se dan respuestas inesperadas. Las pruebas formales cronometradas tienen también un registro pobre respecto a la validez predictiva.

De tales argumentos surge la posibilidad de que las evaluaciones hechas por los propios profesores desempeñen un papel en la evaluación formativa de los estudiantes. Esta es una práctica normal en muchos países, pero no sería aceptable en otros porque preocupa la integridad y la veracidad de las evaluaciones hechas por los profesores. Sin embargo, es evidente que, con un entrenamiento cuidadoso, los profesores pueden evaluar con una confiabilidad comparable a la de las pruebas externas a su sistema.

En general hay nuevas posibilidades para mejorar los modelos de aprendizaje en ciencias mediante iniciativas positivas en las evaluaciones. Sin embargo, éstas no pueden ser útiles si son implementadas en forma aislada de otros cambios. Deben ser parte de un programa coherente en el cual el currículo, la pedagogía, la capacitación de los profesores y los sistemas estatales de certificación sean reestructurados sobre la base de un acuerdo general acerca de los propósitos y los métodos para la reforma.



Notas

1.- Todas las referencias han sido tomadas de *Changing the Subject: Innovations in science, mathematics and technology education*, (Black & Atkin, Londres, OECD, 1996).

2.- Las referencias relevantes en la literatura pueden encontrarse en dos artículos de revisión: P. J. Black,

"Formative and summative assessment by teachers", *Studies in Science Education* **21**, 49 (1993); y P. J. Black y D. William, "Assessment and Classroom Learning", *Assessment in Education*, por publicarse en el Vol. **8** No. 1 (1998).

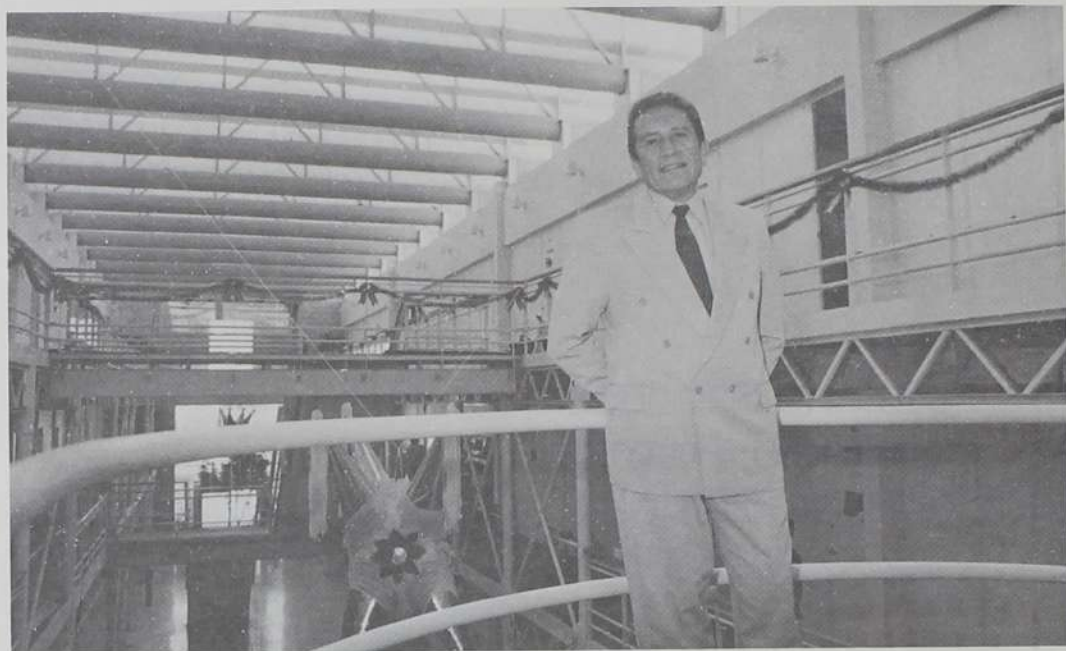


Feliciano Sánchez Sinencio, Premio Nacional de Ciencias y Artes 1997

El Dr. Feliciano Sánchez Sinencio, investigador titular del Departamento de Física del Cinvestav, recibió el pasado 17 de diciembre en la residencia oficial de Los Pinos el Premio Nacional de Ciencias y Artes 1997 en el área de la tecnología y el diseño. Este premio fue compartido con el Dr. Baltasar Mena, investigador titular del Instituto de Investigación en Materiales de la UNAM.

El Dr. Feliciano Sánchez Sinencio es ingeniero mecánico egresado de la ESIME-IPN y obtuvo su doctorado en física en la Universidad de Sao Paulo, Brasil. Se incorporó a la planta académica del Departamento de Física del Cinvestav en 1973, en donde fundó el Grupo de Física de Estado Sólido y los laboratorios con los que se inició la investigación en física experimental en este departamento. Tuvo bajo su responsabilidad la jefatura de este departamento de 1987 a 1990 y la dirección general del Cinvestav de 1990 a 1994. Actualmente es director del Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA) del IPN.

Su campo de investigación comprende la física de la materia condensada y la ciencia de los materiales. Ha realizado aportaciones al conocimiento que tenemos de los procesos y materiales utilizados en las industrias de



Dr. Feliciano Sánchez Sinencio

fotocopiado, de materiales semiconductores, la electrónica y del procesamiento de masa y tortillas de maíz. En este último caso encabezó al grupo de investigadores del Cinvestav que recibió una mención honorífica dentro del Premio Nacional de Alimentos 1994 por el diseño de una máquina compacta, no contaminante, para procesar tortillas y masa de maíz, con un tiempo de preparación reducido. Sobre estos temas ha publicado más de 100 artículos originales de investigación y en memorias de reuniones académicas. Entre los

reconocimientos académicos que ha recibido están la beca de la Fundación Guggenheim, y las medallas académicas de la Sociedad Mexicana de Física y de la Academia de Ciencias de Cuba. En el campo de la formación de recursos humanos, ha dirigido 20 tesis de maestría y doctorado y 11 de licenciatura.

Los investigadores del Cinvestav que han recibido en el pasado el Premio Nacional de Ciencias y Artes en el área de la tecnología y el

Notas breves

El pasado mes de noviembre perdimos a tres colegas muy estimados dentro y fuera del Cinvestav: **Dr. Jesús Alarcón Bortolusi**, investigador titular del Departamento de Matemática Educativa y miembro del Consejo Editorial de *Avance y Perspectiva*; **Dr. Rutilo Castellanos Molina**, investigador titular del Departamento de Biotecnología y Bioingeniería; **Dr. Santiago Ramírez Castañeda**, investigador titular de la Sección de Metodología y Teoría de la Ciencia.

El **Dr. Héctor M. Poggi**, investigador adjunto del Departamento de Biotecnología y Bioingeniería del Cinvestav, fue distinguido con el primer y segundo lugares del Premio 1997 de la Asociación Mexicana de Control de Residuos Sólidos y Peligrosos (AM-CRESPAC) durante la celebración del primer Congreso de Proyectos de Posgrado Inter-Institucionales organizado por esta asociación en noviembre de 1997.

El Comité Latinoamericano de Matemática Educativa otorgó el Premio Internacional Simón Bolívar 1997 a la mejor tesis de posgrado en el

área de la matemática educativa al **M. en C. Miguel Solís Esguinca**, quien concursó con la tesis de maestría "Estudio de la noción de variación en contextos físicos: el fenómeno de la propagación del calor". Esta tesis fue presentada en el Departamento de Matemática Educativa del Cinvestav bajo la dirección de la **Dra. Rosa María Farfán**, investigadora titular de este departamento.

Tres estudiantes de la Sección de Ecología Humana de la Unidad Mérida del Cinvestav fueron distinguidos con primeros lugares dentro del



Dr. Jorge Cerbón Solórzano

diseño son el Ing. Jorge Suárez Díaz (Ingeniería Eléctrica, 1984), el Dr. Enrique Hong Chong (Terapéutica Experimental, 1987), la Dra. Mayra de la Torre Martínez (Biotecnología, 1988), el Dr. Juan Milton Garduño Rubio (Ingeniería Eléctrica, 1990) y el Dr. Octavio Paredes López (Biotecnología, 1991).

Jorge Cerbón, Investigador Emérito del Cinvestav

El pasado 2 de diciembre se entregó al Dr. Jorge

Cerbón Solórzano el nombramiento de Investigador Emérito del Cinvestav. Este nombramiento reconoce las contribuciones excepcionales realizadas a la vida académica del Centro por investigadores titulares con la máxima categoría y nivel (3F) y que hayan prestado sus servicios en el Cinvestav por lo menos durante 30 años. Los investigadores eméritos tienen el derecho de percibir en forma vitalicia el salario y prestaciones correspondientes a su categoría y nivel académicos.

El Dr. J. Cerbón Solórzano, investigador titular del Departamento de Bioquímica, se incorporó al Cinvestav en 1967 y tuvo bajo su responsabilidad la jefatura de este departamento durante el periodo 1980-1988. Su campo de investigación es la dinámica de esfingolípidos durante la proliferación celular en levaduras, la relación huésped-parásito en *Entamoeba histolytica* y la importancia de la composición y propiedades bioquímicas de las membranas. Entre las distinciones académicas que ha recibido, se destaca el Premio Nacional de Ciencias y Artes 1975 en el área de las ciencias exactas y naturales.

Siete investigadores del Cinvestav ingresan a la AMC

La Academia Mexicana de Ciencias (AMC) aceptó como miembros regulares a siete investigadores del Cinvestav dentro de la promoción correspondiente a 1997. Como requisitos de ingreso, la AMC establece que los investigadores, además de estar activos en su

Certamen Nacional Juvenil de Proyectos de Desarrollo Rural 1997, organizado por el Instituto de la Juventud y del Deporte del Ayuntamiento de Texcoco: **Pilar Angélica Canto Bonilla** en el área de educación rural con un proyecto dirigido por el **Dr. Federico Dickinson**; **Delfina Castillo Tzab** en el área de desarrollo rural integral con un proyecto dirigido por el **Dr. Eduardo Batllori Sampedro**; y **José Luis Febles Patrón** en el área de uso de recursos naturales con un proyecto dirigido también por el **Dr. Eduardo Batllori Sampedro**.

El **Dr. Magdaleno Medina** egresado del Departamento de Física del Cinvestav e investigador titular y director del Instituto de Física de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, fue distinguido con el Premio al Desarrollo de la Física en México 1997 por la Sociedad Mexicana de Física.

El Premio Syntex en Farmacología de Receptores 1998 fue otorgado al **Dr. José Antonio Terrón Sierra**, investigador titular de la Sección de Terapéutica Experimental del

Departamento de Farmacología y Toxicología del Cinvestav. Este premio es otorgado anualmente por la Western Pharmacology Society y la compañía Roche Bioscience.

El Gobierno de Venezuela distinguió a la **Dra. Emilia Ferreiro**, investigadora titular del Departamento de Investigaciones Educativas, con la Orden Andrés Bello en su Clase Banda de Honor en reconocimiento a sus contribuciones de investigación para la educación venezolana.

trabajo de investigación, deben haber demostrado cierta independencia científica y tener capacidad para formar nuevos investigadores. Estos requisitos no son fáciles de satisfacer en nuestro medio, como se pone en evidencia por el número de miembros aceptados por la AMC, alrededor de 1000 investigadores, en comparación con los 6000 investigadores en el Sistema Nacional de Investigadores. Los investigadores del Cinvestav que ingresaron en esta ocasión a la AMC son:

Arnulfo Albores Medina, Farmacología

Guadalupe Bárbara Gordillo Román, Química

Walid Kuri Harcuch, Biología Celular

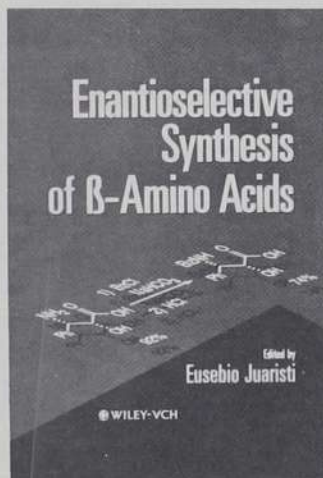
Cecilia I. Montañez Ojeda, Genética

Lucian Petrova Veleva, Física, U. Mérida

Alejandro Posnyak Gorbach, Ingeniería Eléctrica

Juan Humberto Sosa Azuela, Ingeniería Eléctrica





Enantioselective Synthesis of β -Amino Acids. Eusebio Juaristi. Ed., Wiley-VCH, Nueva York, 1997

Jaime Escalante García

En la actualidad casi todos los trabajos que se publican sobre síntesis orgánica se encuentran relacionados con la preparación de compuestos enantioselectivamente puros¹ debido a que los sitios receptores en los seres vivos son quirales²

y los enantiómeros de un mismo compuesto pueden llegar a interactuar de manera distinta con el receptor y presentar propiedades toxicológicas adversas³. De lo anterior se concluye que es de suma importancia preparar compuestos enantioselectivamente puros. Para alcanzar tal fin, es necesario desarrollar síntesis que permitan obtener de manera selectiva los productos estereoisoméricos de mayor interés.

Los β -amino ácidos, aunque menos abundantes que los α -amino ácidos, se encuentran presentes en péptidos y en otros productos naturales, así como en forma libre y muestran efectos farmacológicos interesantes. Así, los β -amino ácidos son precursores de las lactamas, las cuales también son compuestos biológicos potencialmente activos de mucho interés.

Aunque diversos métodos de síntesis sobre este tema han sido publicados durante los últimos años, quizá ninguno tan completo como el libro editado por el Dr.

El Dr. Jaime Escalante García es investigador de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, en Cuernavaca.

Eusebio Juaristi titulado *Enantio-selective Synthesis of β -Amino Acids*. El lector podrá apreciar con facilidad que esta obra presenta un análisis muy amplio sobre este tópico. Hay que hacer notar que cada uno de los 22 capítulos de que consta el libro están escritos por investigadores líderes en el tema.

Los capítulos 1 y 2 (T. C. Boge, G. I. Georg, J. Tamariz) tratan sobre la parte biológica de los β -amino ácidos, esto es, la química medicinal de los β -amino ácidos así como su actividad biológica. Por ejemplo, la potente actividad del Taxol (*Paclitaxel*), combinada con su limitada disponibilidad de los productos naturales, brindaron una oportunidad a la comunidad química sintética para resolver el problema de su obtención por métodos químicos. Se analiza de una forma muy completa el estudio de los β -amino ácidos desde el punto de vista de la (2*R*,3*S*)-*N*-benzoyl-3-feniloserina, componente del mismo Taxol y que ha tenido buena aceptación como un agente anticáncer ya que posee una fuerte actividad antitumoral, así como sus posibles modificaciones para realizar un estudio de la relación estructura-actividad (SAR).

Las transformaciones selectivas y las síntesis enantioméricamente puras a partir de la asparagina y derivados del ácido aspártico son presentadas en los capítulos 3 y 4 (P. Gmeiner, C.W. Jefford, J. McNuby). Los ejemplos mostrados en estos dos capítulos ilustran ampliamente la gran versatilidad para la síntesis de una gama de β -amino ácidos y sus α -alquil, amino e hidroxil derivados en forma enantioméricamente pura.

El capítulo 5 (J.L. Matthews *et al.*) aborda la aplicación de la reacción Arndt-Eistert en la homología de β -amino ácidos enantioméricamente puros a partir de α -amino ácidos. El capítulo concentra de una manera muy adecuada las recientes aplicaciones de la reacción de Arndt-Eistert en la síntesis de amino ácidos y péptidos y además demuestran la versatilidad del método.

El desarrollo de nuevos métodos para la síntesis asimétrica de β -amino ácidos constituye hoy en día un área de investigación muy activa. En este sentido, el capítulo 6 (F.A. Davis, R. E. Reddy) nos presenta el uso de *N*-sulfoniminas como agente auxiliar quiral para sintetizar β -amino ácidos con alta estereoselectividad; de igual manera se presenta en forma detallada su preparación en forma enantiopura y su remoción.

Una ruta importante para la síntesis de β -amino ácidos enantioméricamente puros involucra la adición de aminas a sistemas, α , β -insaturados (ésteres y nitrilos). Este tema se trata en el capítulo 7 (E. Juaristi, O. García-Barradas). Se citan las ventajas que tienen las adiciones de Michael, entre las que podemos mencionar: (a) incorporación de un centro estereogénico a una olefina debido a la estereodiferenciación de las caras del doble enlace; (b) el uso de aminas quirales conduce a una adición diastereoselectiva y (c) la catálisis asimétrica podría ofrecer una ruta eficiente para la preparación a gran escala de β -amino ácidos quirales.

En el capítulo 8 (C. Gennari, A. Vulpetti) se revisa el aspecto de las adiciones estereoselectivas de eno-

latos (quirales) a iminas (quirales) en presencia de tetracloruro de titanio para la síntesis de β -lactamas o β -amino ésteres, dependiendo de la naturaleza de la imina: *N*-alquilimininas producen β -lactamas, mientras que *N*-arilimininas dan β -amino ésteres.

En el capítulo 9 (K. Ishihara *et al.*) se discute la síntesis altamente estereoselectiva de β -amino ésteres vía una doble esterodiferenciación, esto es el uso de aldiminas en la reacción de Diels-Alder con el dieno de Danishefsky y ácidos de Lewis quirales. En este capítulo se muestran una gran variedad de aldiminas y dienos del tipo Danishefsky para producir los aductos Diels-Alder en purezas enantioméricas altas.

En el capítulo 10 (D. Enders *et al.*) se trata la adición de tipo 1,2 de reactivos organometálicos a doble enlaces C=N de hidrazonas-SAMP [(*S*)-(-)-1-amino-2-metoximetil]pirolidina]. En este sentido, la adición conlleva a un buen método en la funcionalización del grupo amino y consecuentemente a sintetizar aminas homoalifáticas y β -amino ácidos. Se demuestra una vez más la utilidad de las hidrazonas-SAMP/RAMP en la síntesis asimétrica de una gama de compuestos interesantes. Alternativamente se demuestra el gran potencial del auxiliar TMS-SAMP en la síntesis de varios β -amino ácidos con altas purezas ópticas.

Las perhidropirimidin-4-onas son compuestos heterocíclicos interesantes que representan a los β -amino ácidos en formas protegidas y son precursores para la síntesis asimétrica de β -amino ácidos α -sustituídos. Este interesante tema es

analizado de una manera muy amplia en los capítulos 11, 12 y 13 (G. Cardillo, C. Tomasini; J. P. Konopelski; E. Juaristi, D. Seebach). Así se discute la preparación y transformación de una gran variedad de perhidropirimidin-4-onas enantioméricamente puras y cómo a partir de éstas se llega después de su hidrólisis ácida a la obtención directa de los correspondientes β -amino ácidos.

La síntesis de β -amino ácidos y sus derivados a partir de β -lactamas se presentan en el capítulo 14 (C. Palomo *et al.*). Este capítulo se enfoca básicamente en las β -lactamas como materias primas de sustancias ópticamente activas conteniendo β -amino ácidos y/o derivados de sub-unidades de β -amino cetonas y β -amino alcoholes. Se hace énfasis sobre las β -lactamas como un nuevo reactivo acilante para la reacción de acoplamiento de péptidos.

El control de la estereoquímica de tres y más centros estereogénicos contiguos es un problema importante en síntesis orgánica. Una metodología que pudiera resolver este problema es la reacción de Nicholas, la cual es comprendida en el capítulo 15 (P. A. Jacobi, W. Zheng), en donde se demuestra el empleo de este proceso para la síntesis de importantes moléculas biológicas como *Carbapenem*, el cual es un antibiótico y que posee en su estructura un β -amino ácido.

Dado el gran alcance de la epoxidación de Sharpless, es presumible que el procedimiento presentado en el capítulo 16 (M. A. Pericas *et al.*) pueda proveer una gran variedad de β -amino ácidos

enantioméricamente puros, como por ejemplo la síntesis asimétrica de β -amino ácidos, *syn* y *anti* α -hidroxib- β -amino ácidos, vía la reacción epoxidación catalítica de Sharpless de (E)-alcoholes alílicos, y la subsecuente apertura regioselectiva con bencidrilaminas.

Altas diastereoselectividades son obtenidas en las reacciones de formación de enlaces C-C por apertura de 1,3-oxalidinas quirales y su aprovechamiento en la síntesis de α - y β -amino ácidos. Este interesante tema se analiza en el capítulo 17 (R. Pedrosa) así como la preparación de una gama de 1,3-oxazolidinas quirales.

El empleo de carbohidratos como agentes auxiliares quirales para la síntesis enantio- y diastereoselectiva de β -amino ácidos es tratado en el capítulo 18 (H. Kunt *et al.*). Se presentan compuestos naturales polihidroxilados los cuales han sido usados como materiales de partida en la "exchiral pool synthesis", debido a la presencia de al menos 5 centros estereogénicos y accesibles a bajo costo.

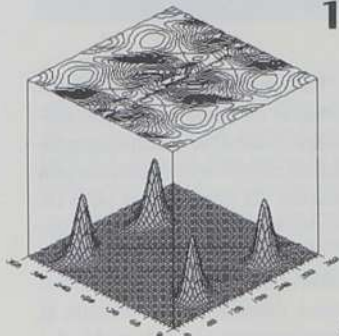
Los estudios de estructura actividad en el Taxol han demostrado que la cadena lateral C-13 es necesaria para su actividad así como su estereoquímica. Como ya se mencionó anteriormente (*vide supra*, capítulos 1 y 2), esta cadena lateral es un β -amino ácido, es así que en los capítulos 19, 20 y 21 (A. M. P. Koskinen, E. K. Koarvinen, C. J. Sih; V. A. Soloshonok) se presentan excelentemente las rutas sintéticas que conducen a la formación de esta cadena lateral de Taxol mediante procesos químicos y enzimáticos.

Finalmente, debido a la importancia de poder contar con moléculas marcadas isotópicamente para un estudio mecanístico de una reacción en particular o para un proceso enzimático, en el capítulo 22 (A. Basak) se presenta la preparación enantioselectiva de β -amino ácidos deuterados. Se discute el interés por esta clase de moléculas en los marcages isotópicos sobre los amino ácidos, los cuales han sido usados para obtener información acerca de los procesos estereoquímicos (precursores biosintéticos, antibióticos, etc.).

Notas:

- 1.- D. Seebach, *Angew. Chem., Int. Ed. Eng.*, **29**, 1320 (1990).
- 2.- J. Crosby, *Tetrahedron*, **47**, 4789 (1991).
- 3.- E. Rice, *J. Chem. Educ.*, **44**, 565 (1967).





14th IUPAC INTERNATIONAL CONFERENCE ON Physical Organic Chemistry

Preconference Symposium

"SYNERGISM OF EXPERIMENTAL AND THEORETICAL CHEMISTRY"

Mexico City, México
13-14 August, 1998.

To take place at Auditorio A. Rosenblueth, Centro de Investigación
y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV)

Av. I.P.N. 2508, esquina Ticomán, México, D.F. 07000

INVITED SPEAKERS

- José Luis Abboud, Instituto de Química Física "Roscolano", España
- Per Ahlberg, Goeteborg University, Sweden
- Yitzhak Apeloig, Technion University, Israel
- Jerzy Cioslowski, Florida State University, USA
- Miguel Angel García-Garibay, University of California at Los Angeles, USA
- Richard S. Glass, University of Arizona, USA
- Charles Perrin, University of California at San Diego, USA
- Zvi Rappoport, The Hebrew University of Jerusalem, Israel
- Ken'ichi Takeuchi, Kyoto University, Japan
- Alberto Vela, CINVESTAV, México
- Ernst Andres, University of Jena, Germany
- Silvio Biali, The Hebrew University of Jerusalem, Israel
- Gabriel Cuevas, Universidad Nacional Autónoma de México, México
- Sam Gellman University of Wisconsin, USA
- Heinz Koch, Ithaca College, USA
- Leo Radom, Australian National University, Australia
- Hans-Ullrich Siehl, Ulm University, Germany
- Thomas Tidwell, University of Toronto Canada
- Pierre Vogel, University of Lausanne, Switzerland

REGISTRATION AND INFORMATION

Dr. Eusebio Juaristi Tel (525) 747 70 00 Ext. 4037
Dr. Bárbara Gordillo Tel (525) 747 70 00 Ext. 4082
or

Sra. Noemi Munguía, Tel. (525) 747 70 00 Ext. 4006
Depto. de Química, CINVESTAV Fax (525) 747 71 13

INTERNET: <http://www.relaq.mx/RLQ/mexico/evntos/presentacion.html>

Cost \$65.00 US dollars (or \$500.00 Mexican pesos), Students \$ 300.00 Mexican pesos.

La máquina de cantar

Gabriel Zaid

En el *Cancionero apócrifo de Juan de Mairena*, "poeta, filósofo, retórico e inventor de una *Máquina de cantar*", Antonio Machado describe con cierta precisión un aparato destinado a burlarse de los algebristas de imágenes (Calderón, inclusive), y a pasar el tiempo "mientras llegan los nuevos poetas, los cantores de una nueva sentimentalidad".

"Esta especie de pianofonógrafo tiene un teclado dividido en tres sectores: el positivo, el negativo y el hipotético. Sus fonogramas no son letras, sino palabras. La concurrencia ante la cual funciona el aparato elige, por mayoría de votos, el sustantivo que, en el momento de la experiencia, considera más esencial, por ejemplo: *hombre*, y su correlato lógico, biológico, emotivo, etcétera, por ejemplo: *mujer*." "Los vocablos lógicamente rimados son *hombre* y *mujer*; los de la rima propiamente dicha: *mujer* y (puede) *ser*. Sólo el sustantivo *hombre* queda huérfano de rima sonora. El manipulador elige el fonograma lógicamente más afín entre los consonantes a *hombre*, es decir,

nombre. Con estos ingredientes el manipulador intenta una o varias coplas, procediendo por tanteos, en colaboración con su público."

Machado atribuye a la máquina la siguiente copla:

*Dicen que el hombre no es hombre
mientras que no oye su nombre
de labios de una mujer.
Puede ser.*

Las burlas se vuelven veras, Harper's Magazine publicó en diciembre de 1963 los siguientes versos hechos por una máquina electrónica a partir de 3,500 palabras y 128 modelos sintácticos:

*Oh, panic not to this docile juice
Finally, few of my jackets did distrust the goose.
To those cell's hot ashes, a raccoon may sting
Ah, to rectify was black; to refuse is nourishing*

Que podrían traducirse así:

Oh, no te asustes de este dócil jugo

Gabriel Zaid, poeta y ensayista de notable ironía y agudeza, es miembro de El Colegio Nacional. El presente texto, publicado en *Ciencia y Desarrollo*, julio-agosto de 1984, continúa teniendo vigencia después de 15 años de haber sido publicado. Se reproduce con autorización del autor.



*Finalmente, pocas de mis chaquetas
desconfiaron del ganso
Un mapache puede picar esas
cenizas ardientes de la célula
Ay, rectificar fue negro, negarse es
alimenticio*

Demostración sobre el soneto

Estos experimentos hacen pensar en otras posibilidades. Por ejemplo: terminar de escribir de una vez por todas los sonetos que falten de escribir. Basta la antología de *Mil y un sonetos mexicanos*, de Salvador Novo, para comprobar que la producción mecánica de sonetos no sería ninguna novedad. Pero una máquina electrónica podría acabar con la tarea, liberando a la patria y a la humanidad entera de esa carga para todos los siglos venideros.

Los hechos fundamentales que hay que considerar son dos. Prime-

ro: si hay máquinas que hacen versos, sólo sería cuestión de diseño la preparación de un "programa" para producir sonetos. Segundo: se puede demostrar que el número total de buenos sonetos posibles es finito. Empecemos por la demostración:

Consideremos los sonetos que puedan escribirse con una máquina para lengua española (puede ser otra lengua). En particular los sonetos endecasílabos de rima grave en los catorce versos (también puede partirse de otro caso). Aceptemos que en español no hay sílabas que requieran más de siete golpes de tecla (si se encuentra una sílaba que requiera más, puede partirse de otro número). Añadamos una tecla nula: no escribe ni hace avanzar el carro. Basta con eso.

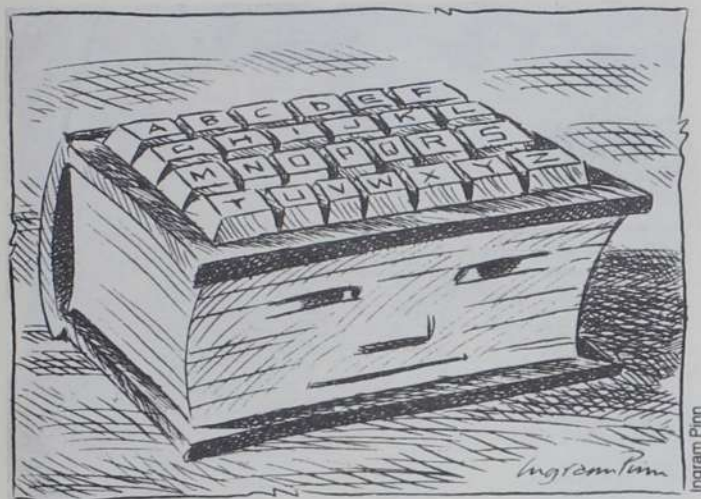
1. El teclado es finito.
2. El número de combinaciones de siete teclas (incluyendo la nula) es finito e incluye todas las sílabas posibles en español.

3. El número de combinaciones de 154 sílabas ($154 = 14 \times 11$ sílabas por soneto) es finito e incluye todos los sonetos habidos y por haber en español.

4. El razonamiento es igual si se parte de sonetos alejandrinos, se incluyen versos esdrújulos, se añaden estrambotes o se considera cualquier otra lengua que pueda escribirse en máquina. El número total de sonetos resultantes puede ser mayor o menor, según el caso, pero siempre es finito.

5. Cualquiera que sea el criterio que se use para separar los buenos sonetos de los malos, su número será menor que el total, que es finito.

Luego, sólo hay un número finito de buenos sonetos posibles. Si el mundo no se acaba, y se persiste en esa práctica, algún día alguien estará escribiendo el último buen soneto que faltaba escribir. A menos que ese día final haya pasado y, por piedad o por justicia, los ángeles no hubieran dado aviso



a quienes siguen fabricando sonetos.

El conjunto total de sonetos posibles, no sólo es finito, es además numerable usando el orden alfabético. Por ejemplo, en español, entre los primeros sonetos estarían los que empiezan:

A Cuernavaca voy, dulce retiro,
(Reyes)

A fugitivas sombras doy abrazos,
(Quevedo)

Además, así como al ordenar la Tabla de Mendelejev se encontraron lagunas que dieron pistas para el descubrimiento de nuevos elementos químicos, una Tabla Universal de Sonetos podría conducir al descubrimiento de grandes poetas desconocidos.

Lo cual no deja de tener su lado terrible. Supongamos que gracias a la Tabla en vez de descubrir la obra desconocida de un gran poeta antiguo, descubrimos la obra de un gran poeta futuro. Adelantándonos,

le habremos expropiado su obra. ¿Qué hará cuando le llegue la inspiración y no tenga soneto que escribir? ¿Cómo podría decir después que un soneto ya publicado en la Tabla Universal era suyo?

Para contestar esa pregunta tenemos que volver al hecho de que hay máquinas que hacen versos. ¿Pero qué quiere decir eso?

¿Qué es una máquina?

Los "cerebros electrónicos" son vistos hoy como lo fueron los conquistadores españoles a caballo: seres fantásticos de cuatro patas, dos cabezas y dos brazos que lanzan fuego. No se distingue dónde empieza el hombre y termina lo demás. Lo sorprendente es que hasta los sabios que han dado origen a estos monstruos, parecen llevados, como el público, por la imaginación *science-fiction*. En la revista *Fortune* de mayo de 1965,

con una pasión bibliotecaria total, que recuerda a Borges, dice Vannevar Bush:

"Ahora el hombre da otro paso. Construye máquinas que piensen por él." "Hacen al minuto los cálculos de un hombre al año. Llevan las cuentas de grandes empresas. Buscan al instante en sus vastas memorias. Traducen, mal, y hacen poesía, mal. Lo harán mejor cuando se les enseñe mejor." "Pero todavía no hay una máquina como el cerebro, que, en vez de reducirlo todo a índices y cálculos, vaya tras las pistas asociativas, volando casi instantáneamente de una cosa a otra, sacando a luz únicamente lo significativo. Pistas que se bifurcan y se cruzan, se borran por el desuso y se ahondan por el éxito. Finalmente haremos una máquina que pueda hacer esto mejor." "Entonces hallaremos una nueva forma de herencia. Una inmortalidad, basada en la trasmisión, no meramente de genes, sino de procesos mentales íntimos. El hijo heredará las pistas que siguió su padre, su proceso de maduración mental e inclusive sus comentarios y críticas; y escogerá lo provechoso, intercambiándolo con sus colegas, y trabajándolo más para la próxima generación. Y cubrirá todos los campos que toque, porque su memoria será como bibliotecas enteras, que no se apagarán cuando envejezca."

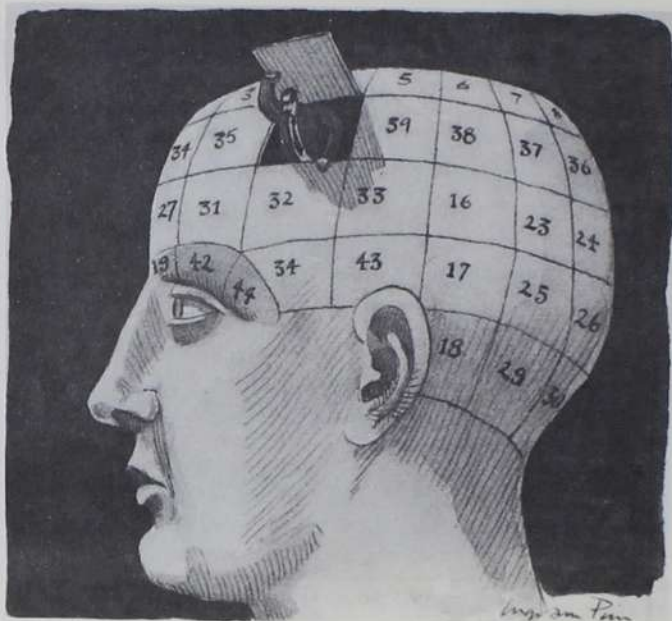
Pascal, que inventó la primera máquina de cálculo (después del ábaco), tres siglos antes de que Bush inventara su analizador diferencial, fue también el primero en darse cuenta de que algo humano, quizá autónomo, pudiera estar encarnando en la máquina:

"La máquina aritmética (su propio invento) hace cosas más próximas al pensamiento que todo lo que hacen los animales, pero nada que pueda hacer decir que tenga voluntad, como los animales."¹

Las máquinas de Pascal y de Bush son el primero y el último de los "cerebros" mecánicos. La máquina de Pascal resolvía problemas aritméticos, la de Bush ecuaciones diferenciales. Pero ambas dependen de engranajes y transmisiones mecánicas que limitan su exactitud. En *Cybernetics*, Norbert Wiener cuenta cómo, trabajando con Bush, le propuso transformar las transmisiones mecánicas en eléctricas y depender de válvulas electrónicas en vez de mecanismos. Así surgió el primer "cerebro" electrónico, junto con los mecanismos de regulación automática, otra colaboración para la segunda guerra mundial: el estudio, con Arturo Rosenbluth, a partir de analogías neurofisiológicas, de una artillería antiaérea que siguiera automáticamente un blanco móvil.

¿Qué es una máquina, y en particular, un "cerebro"?

En los textos escolares de física, todavía se da el nombre de máquinas (simples) a la palanca, la polea, la rueda, el plano inclinado, el tornillo, etcétera, porque transmiten fuerzas y movimientos. Las velas de un navío son, estrictamente, máquinas, aunque, en el uso común de la palabra, un molino de viento o un reloj nos parezcan más mecánicos, porque el uso directo de las máquinas simples (la vela, la cuchara de palanca con la que todavía se saca agua del Nilo, la polea) adquiere más "cuerpo" en



organismos integrados por conjuntos de elementos. Estos elementos forman máquinas complejas: un sistema de relaciones de transmisión interna, "abierto" por dos extremos: hacia una fuente externa de movimiento de alimentación y hacia un movimiento final deseado, como en los mecanismos de relojería.

Según Gordon Childe (*Progreso y arqueología*), hace unos cinco mil años el viento y los animales fueron uncidos por primera vez a máquinas humanas (las velas y el arado), y milenios después, la rueda de agua y el molino movido por un asno, llegaron a ser la mayor realización mecánica de griegos y romanos. Nótese que la fuente de energía en el último caso ya no es una fuerza suelta, como el viento. Esta integración del "paquete" de energía al "organismo" mecánico no llegó a darse claramente sino con la inven-

ción de los relojes mecánicos. Las pesas de un reloj son su "motor", su "paquete" de energía almacenada. En el momento en que se inventa la cuerda de los relojes, de los juguetes, de las cajas de música, tenemos algo más parecido a lo que hoy llamamos una máquina. La fuente externa, sin embargo (dar cuerda, subir las pesas), sigue siendo un movimiento mecánico. La alimentación de otras fuentes de energía no aparece sino hasta el siglo XVIII con la máquina de vapor: energía química por combustión externa a la máquina. Los motores de combustión interna (gasolina, Diesel) y los eléctricos, que hoy nos parecen esenciales para el concepto de máquina, cumplirán apenas cien años.

La fuente de energía y la dirección del movimiento se imprime simultáneamente en las tijeras por

la mano que la usa. En el molino movido por un asno, la rueda de agua y el reloj, la dirección del movimiento está definida (no sólo condicionada, como en las tijeras) por la forma de relación entre las partes, y sujeta a un "programa" fijo que admite ajustes (atrasar, adelantar, etcétera) pero no una "alimentación" de "dirección" sobre la marcha. Las máquinas-herramientas (y los vehículos) tienen esa tercera apertura del sistema: una alimentación de direcciones. Las tres "aperturas" de un automóvil son: la alimentación de energía por medio de gasolina, la alimentación de "instrucciones" a través del volante, pedales, etcétera y la salida del movimiento deseado a través de las ruedas.

El taladro de un dentista es movido por un motor eléctrico pero guiado a mano, igual que un torno de taller. En las máquinas de producción automática, un torno de alta producción, por ejemplo, hay un grado adicional de integración. En vez del programa fijo de instrucciones del reloj, o de la guía manual, las "instrucciones" se "empaquetan" en un repertorio de programas fijos. Es la diferencia que hay entre una caja de música normal (que es, en esencia, un reloj) y una pianola: la cinta de papel perforado es el programa de instrucciones para cada pieza.

Enumeración:

1. Máquinas simples (transmisión de fuerza y movimiento): la palanca, la rueda, la vela.
2. Herramientas (aplicación manual de fuerza y dirección): el cuchillo, las tijeras.
3. Máquinas compuestas por máquinas simples (programa fijo de

transmisión, y entrada de una fuente externa de movimiento físico): molino de viento, de agua, "de animal".

4. Máquinas que incorporan el motor: de cuerda, de vapor, de gasolina, eléctrico.

5. Máquinas-herramientas (tres aperturas: entrada de energía, entrada de guía, salida de movimiento guiado): torno de taller, taladro de dentista, máquina de escribir eléctrica.

6. Máquinas de producción automática (incorporan paquetes de alimentación en las dos entradas: motor y programa de instrucciones): telar Jacquard, pianola, torno de alta producción, tocadiscos automático (las "instrucciones" son la grabación).

Todos estos tipos pueden reconsiderarse desde otro punto de vista: lo que sale de la máquina puede ser la transformación de un material, la audición de una pieza de música o la información de un dato interesante, por ejemplo, la hora. Una máquina de cálculo produce información, y puede ser de varios tipos. Las sumadoras manuales son máquinas del tercer tipo, con un programa fijo ajustable: el ajuste consiste en marcar los sumandos; aunque ese ajuste también podría considerarse una alimentación de instrucciones. Hay máquinas sumadoras motorizadas (cuarto tipo). Aunque el motor suele ser eléctrico, se trata de "cerebros" mecánicos porque la ejecución de las operaciones se hace por movimientos físicos de piezas mecánicas. La electricidad no interviene en el programa, se limita a alimentar el motor. ¿Hay "cerebros" del primer tipo? Sí: la cinta de medir, el marcador de conteo, los dedos de la mano, una bolsa de canicas y, por

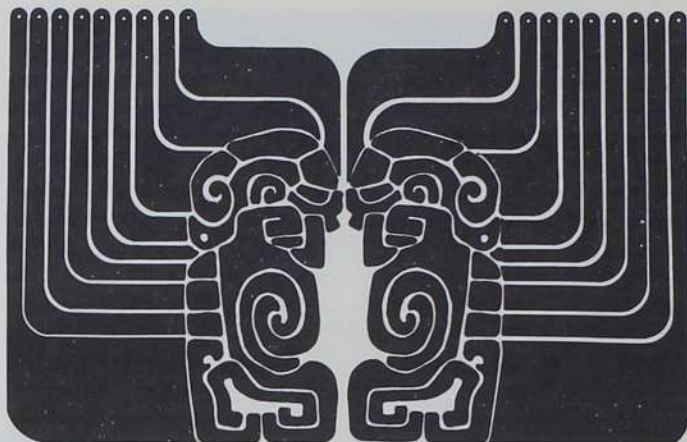
supuesto, el ábaco; son máquinas simples de computación y de cálculo, son los "cerebros" mecánicos más simples.

Aquí conviene considerar un séptimo tipo de máquina: la máquina analógica. Una bolsa de canicas o los dedos de la mano son una máquina analógica si sumo las personas faltantes de llegar a una reunión: Fulano y Zutano de tal parte (marco dos con los dedos o canicas) más Mengano y Perengano de tal otra (marco dos más): cuatro. ¿Por qué se hacen burlas a un niño que usa los dedos como sumadora? Porque se supone que debería sumar de memoria: lo cual no es efectuar la operación de sumar analógicamente sino recordar una tabla impresa en un papel y en la materia gris: $2 + 2 = 4$. En ese sentido, puede decirse que una tabla de sumar, o cualquier otra cosa impresa en un circuito eléctrico, es una "memoria" de un "cerebro" electrónico. Aunque luego empezamos a cansarnos de las comillas, a construir derivados de la metáfora (esta máquina tiene poca memoria; con el uso se vuelve olvidadiza; está completamente neurótica) y acabamos por asustarnos, frente al monstruo que quizá nos contempla.

Cuando medimos con una cinta que luego, físicamente, unimos por los extremos de la medición para encontrar el punto medio, estamos usando una máquina analógica de dividir por dos. La operación inversa (cuando no nos alcanza la cinta, por ejemplo) de aplicar dos veces sucesivamente una medición para marcar el doble, implica una máquina analógica de sumar. Una balanza es una máquina analógica del

signo de igualdad. Un pantógrafo (usado para hacer una copia exacta de un dibujo, amplificada) es una máquina analógica de multiplicar. Es fácil pensar en un circuito hidráulico (un tubo de agua que se bifurca) que se use como máquina de dividir. De manera semejante pueden usarse circuitos eléctricos. Con un potenciómetro y un amperímetro, de escalas ajustadas para el caso, tendríamos una máquina de elevar al cuadrado, pues la potencia es proporcional al cuadrado de la corriente. Se ha hecho un modelo hidráulico de las relaciones principales en una economía keynesiana: moviendo un émbolo, puede verse en otros el efecto de las tasas de interés en la propensión a invertir.

Nótese la diferencia: cuando sumo con lápiz y papel una columna de sumandos, me estoy valiendo de representaciones simbólicas. Cuando sumo con los dedos o con un circuito eléctrico, estoy efectuando "materialmente" la suma. Las fórmulas matemáticas de la economía keynesiana pueden ser ilustradas con un modelo tipográfico o hidráulico; pero en este último caso el modelo ya no es sólo una representación simbólica ilustrativa sino que "encarna" la operación misma. El modelo es operable. Puedo "preguntarle" qué pasaría en este caso y en tal otro, poniéndolo "analógicamente" en ese caso. Si yo tengo dudas sobre si una mesa puede salir por una puerta, puedo cargar con la mesa y hacer la prueba; o tomarle el ancho con una cuerda y "presentarlo" sobre el vano de la puerta; o medir ambas cosas y ver cuál es mayor. En el primer caso efectúo una operación real, en el segundo una analógica y en el tercero una simbólica.



Hay máquinas electrónicas de computación digital y máquinas de computación analógica. Las digitales operan con dígitos y son, esencialmente, sumadoras. Para sumar 18 y 15, hacen: 8 más 5 son 3 y llevamos 1. (El mecanismo de "llevar" es electrónico en vez de mecánico, como el que inventó Pascal.) En cambio las máquinas analógicas tienen circuitos eléctricos contruidos de manera que "ilustran" y operan una fórmula matemática. Fórmula que a su vez puede "ilustrar" una ley física, un régimen económico, una hipótesis estadística, etcétera. El circuito eléctrico es el "programa" de "investigación", semejante al rollo de la pianola. Si consideramos que nuestra "pregunta" (el "caso" en que ponemos) a la máquina es la materia prima de un torno automático, y la "respuesta" el producto terminado, podemos asimilar este tipo de máquina a las de producción automática. Esto quiere decir, naturalmente, que se trata de respuestas en serie, preformadas por el diseño del modelo en cuestión. Si el programa consiste en multiplicar por 2 y le "preguntamos" a la máquina

¿4? contestará 8; ¿7?, 14; etcétera. Se puede tener una razonable seguridad de que en ningún momento la máquina responderá: ¡Qué pregunta! A menos que así queramos interpretar el silencio de una máquina "cruzada de brazos" porque no "alimentamos" bien la "pregunta".

Un octavo tipo de máquina es el que "aprende" por "experiencia". Una bola de billar que choca con otra, ajusta su "comportamiento" a lo que pasó. Un termostato pone en marcha un refrigerador cada vez que la temperatura llega a cierto límite. Los proyectiles antiproyectiles, siguen las variaciones de un blanco móvil hasta dar con él. La regulación (externa, interna, automática) es un programa fijo de una máquina, submáquina o servomecanismo, que del resultado de salida toma instrucciones para ajustar las instrucciones de entrada (*feedback* o retroalimentación). Los mecanismos de autorregulación automática abundan en los procesos naturales, y en particular en el cuerpo humano². Una máquina analógica cuyo programa consista precisamente en modificar el pro-

grama de otra máquina analógica, según lo que vaya resultando, es lo que pudiera llamarse un "cerebro" electrónico capaz de "aprender" por "experiencia".

Cualquiera que haya jugado al "gato" sabe que el juego está perdido, ganado o empatado desde las jugadas del principio. Se trata de un juego con tan pocas alternativas, que es posible hacer una lista exhaustiva de todas las secuencias posibles. Supongamos que hacemos una Tabla Universal de los 276 juegos posibles (si ése es el número). Desde la primera jugada (si el otro empieza, y nosotros tenemos la tabla) podemos catalogar de antemano cuales secuencias, empezando en ese cuadro, conducen al triunfo o el fracaso de uno u otro, y cuáles al empate. Escogiendo una de las secuencias que conducen a nuestro triunfo, jugamos. Cuando el otro juega a su vez, etcétera. Este programa de instrucciones puede construirse y así tener una máquina que "juegue" al gato, y que inclusive gane con más frecuencia que un principiante.

En el ejemplo anterior, en cada jugada la máquina tendría varias alternativas que condujesen al triunfo y podría exhaustivamente tener decidido de antemano cuál seguir. Se trataría entonces de un programa fijo. Pero también podría construirse un segundo programa para "analizar, de algún modo, sus resultados, diagnosticar sus errores y hacer cambios que aumenten las probabilidades de futuro éxito" en la partida que se esté jugando. Esto sería lo que Herbert A. Simon llama *heuristic problem solving*³. Este tipo de programas se ha venido desarrollando en los últimos diez años,



por ejemplo para jugar ajedrez. Son programas a través de los cuales la máquina "se dice a sí misma": "vas bien", "vas mal", de acuerdo, por supuesto, con los "principios" que se le hayan "enseñado". Si pudiésemos definir minuciosamente y programar todas las alternativas y las normas con las cuales están contruidos los sonetos de Shakespeare, podríamos, con un diccionario de "su" lengua, reconstruirlos todos; los conocidos, los que se hayan perdido y los que se le hayan quedado en el tintero.

Y aquí llegamos a un primer término. No hay ninguna razón para dudar que un cerebro electrónico no pueda, de algún modo, producir un soneto de Shakespeare. Lo que no se puede suponer es que el "programa shakespeareano" sea desentrañable: que se pueda sacar a expresión explícita un sistema completo de principios y especificaciones shakespeareanas. El sueño de Vannebar Bush es un eco del sueño de "programación" total

de la matemática. "Hasta 1931 se creyó que era posible llevar a cabo el programa de completa axiomatización de la matemática propugnado por David Hilbert y otros autores. Se suponía que podría hallarse un sistema lógico en el cual se alojara la matemática (clásica), y que podría probarse que tal sistema era completo y consistente. Kurt Gödel echó por tierra semejante suposición. Mostró que, dado un sistema lógico razonablemente rico, tal sistema es esencialmente incompleto."⁴

Es interesante el siguiente testimonio de Vincent E. Giuliano: "Hace años propuse un método para alimentar un texto suficientemente grande a una máquina, digamos de ruso, con su traducción al inglés (o viceversa) hecha por un ser humano, de modo que la máquina pudiese generar sus propias reglas de traducción. Ahora tengo la impresión de que la máquina nunca descubriría todo lo necesario sin mi ayuda."⁵ Gödel

añadiría que ni siquiera un hombre puede explicitar en una tabla todas las reglas que serían necesarias para operar únicamente a través de diccionarios y de reglas. A menos que se incluyeran reglas que "abrieran" el sistema, tales como:

Sea racional; use su intuición.

Por lo demás, ya hay muchos signos de que empieza a perderse el "idealismo racionalista" con respecto a las máquinas. A veces en forma irónica. "En realidad, quizá nunca lleguemos a construir un verdadero cerebro ni con miles de millones de dólares. Pero aun siendo posible, ¿cuál sería la ventaja? Los cerebros naturales se producen tan agradablemente y a costo tan bajo que más bien hay sobreproducción." A veces en forma espantosa, que recuerda el *Baby H.P.* de Juan José Arreola: por ejemplo cuando se extrae la masa encefálica de un mono y se mantiene viva, queriendo usar sus circuitos eléctricos como un "cerebro electrónico" barato (*Time*, 19-VI-64). Esta dirección reductiva (tratar de reducir lo vivo al orden mecánico) en vez de reconstructiva (tratar de sintetizar la vida a partir de lo inanimado) tiene más probabilidades de éxito porque es una dirección probada: desde el uso de esclavos en ruedas de noria hasta los "lavados de cerebro".

Una dirección más sana fue la esbozada por Wiener poco antes de morir, en los Coloquios de Royaumont (*El concepto de información en la ciencia contemporánea*). Es la dirección de considerar la máquina como prótesis humana y ver el porvenir de la cibernética por



el lado de los sistemas humano-mecánicos. La capacidad de recepción, conversión, combinación y emisión de señales de una máquina puede ser una prótesis de la capacidad de invención humana; por ejemplo para el diseño de formas aerodinámicas, lo cual ya se está haciendo con osciloscopios. De la misma manera que se usa la máquina llamada "papel y lápiz".

No es lo mismo sostener el malabarismo de un razonamiento en el aire, que auxiliarse con la prótesis del lápiz y el papel. No es lo mismo ver unos números tabulados que la graficación de los mismos, prótesis más refinada. Y quien haya trabajado con unos números para ver en qué forma gráfica se ven con más sentido, no puede menos que alegrarse de contar con una prótesis que pueda rápidamente ordenar de cien maneras sus datos, o mejor aún: ver directamente en un osciloscopio las gráficas resultantes que permitan escoger la más expresiva.

La lectura concreta

Volvamos a la hipótesis de la producción mecánica de sonetos. Para hacer una estimación del número total de sonetos posibles, simplifiquemos todavía más los supuestos de la demostración que dimos. Supongamos que hay en español unas 1 000 sílabas diferentes. (Un recuento exhaustivo de todas las sílabas iniciales de todas las palabras de un diccionario nos dio 869 sílabas: *a, ab, abs, ac, etcétera*. Pero se trata de un recuento incompleto, porque, por ejemplo, la sílaba *ñal*, de *señal*, no es la primera sílaba de ninguna palabra.)

El número total de combinaciones distintas de *n* sílabas sucesivas, sería $1\,000^n$, o 10^{3n} , que es lo mismo. A título ilustrativo: el número total de palabras que pueden formarse con dos sílabas distintas, si hay mil sílabas distintas, es: mil combinaciones de la primera sílaba con todas las sílabas, mil de la segunda sílaba con todas, mil de la

tercera, etcétera hasta llegar a las mil de la milésima, o sea en total mil miles, un millón. La fórmula permite llegar rápidamente a lo mismo: $1\ 000^2 = 1\ 000\ 000$. O también: $10^{3 \times 2} = 10^6 = 1\ 000\ 000$.

En forma semejante, el número total de combinaciones distintas de 154 sílabas sucesivas ($154 = 14 \times 11$ de un soneto) es: $1\ 000^{154}$ o lo que es lo mismo: 10^{462} . Esto se escribe brevemente, pero se trata de una cantidad prácticamente incontable. Tal número de sonetos no sólo no cabría en todos los libros de la Tierra, no cabría en toda la Tierra, ni en todo el sistema planetario, ni en toda la Vía Láctea.

La Vía Láctea tiene la forma de una lenteja de 100 000 años-luz de diámetro y 10 000 años-luz de espesor. Esto da unos 3×10^{53} kilómetros cúbicos de espacio. Pero aun microfilmado el total de sonetos posibles resultaría un volumen del orden de 10^{450} kilómetros cúbicos. O sea millones de millones, etcétera de galaxias enteras.

Si la IBM 360, cuya impresora es capaz de escribir mil versos por minuto, pudiese componerlos a la misma velocidad, tardaría un tiempo del orden de 10^{450} siglos y ocuparía un volumen de orden parecido de kilómetros cúbicos de papel, para escribir todos los sonetos posibles.

Pero, además, si los miles de millones de seres humanos que pueblan la Tierra no hicieran otra cosa noche y día hasta su muerte que leer todos los sonetos posibles, no acabarían. Si sus hijos, nietos, bisnietos, etcétera, continuasen millones de millones de años, tampoco sería suficiente.

Sofnemos sin embargo que en vez de ocupar el espacio interestelar y ahogarnos, todo ese papel se reduzca simplemente a un océano. De pronto aparece Shakespeare, solitario en su barca. Va sacando sonetos. El viejo lee y va tirando al mar lo que pesca, meneando la cabeza. De súbito, la inspiración, el milagro, ¡un soneto de Shakespeare!

Pero, vamos a ver cómo es posible que sepa que es un soneto de Shakespeare? ¿Cómo lo reconoce? ¿Con un sistema exhaustivo de análisis? Si ese sistema fuese explicitable podría ahorrarse el trabajo y poner una máquina a separar sus sonetos de los que no lo son. Mejor aún: a producirlos directamente. No, no analiza: lee y está seguro. Pero ¿en qué se funda? ¿No hay tantos engaños en pintura y letras? ¿No estará frente a una falsificación (quizá inclusive "producida" por él mismo)? ¿Cómo saber?

Aquí hay un problema parecido al de la predestinación amorosa. La idea "romántica" y la idea "burguesa", para llamarlas de algún modo, son la forma absoluta y relativa de una misma reducción a lo abstracto. Lo abstracto absoluto en el primer caso; lo abstracto común y corriente en el segundo. Enamorarse de un canon, casarse con una institución, tener hijos con un paquete de cualidades... ¿No es eso lo que pide la buena sociedad de seres abstractos? Las buenas familias animan a sus hijas a que se acuesten con cualquiera, siempre y cuando reúna ciertas cualidades y cumpla ciertos requisitos: la solvencia económica, el matrimonio previo, etcétera. El romántico se rebela: desprecia las conveniencias,

quiere la eternidad con su *Unica*, aunque tenga que romper con la sociedad, y aunque finalmente su amor resulte trágico y ponga en entredicho el sentido total de su propia existencia. Mientras lo hostiguen algunos seres abstractos (¿no estás haciendo un *Absoluto* de un simple caso posible?) podrá sentirse superior. No es un caso posible, es el *Unico Caso*. Pero cuando lo hostigue su propio demonio, y en el límite del suicidio tenga la valentía de escuchar sus asechanzas irónicas... ¿Cómo se produjo el *Encuentro*? ¿Lo quiso Dios en su Tablero de Ajedrez, en su Relojería Universal? ¿Cinco minutos más o menos hubiesen hecho fallar el *Encuentro* y por lo tanto la Historia del Universo? ¿No estuvo condicionado por ciertas decisiones abstractas previas que no te atreves a reconocer? ¿Por qué ese encuentro y no otro? ¿No hay otro *Caso Unico*?

"Nadie elige su amor", escribió Machado. Lo que pasa es que dos seres abstractos se vuelven de pronto concretos al reconocerse. Se manifiestan en su ser concreto el uno para el otro, se ven como únicos que son, no el *Unico* o la *Unica* (en cuyo caso seguirían siendo abstractos, aunque absolutos: idolatría romántica). Lo que pasa es que los encuentros abstractos pueden ser producidos de mil maneras sin que signifiquen nada hasta que se vuelven concretos. Cualquiera puede juntar palabras, hasta una máquina amaestrada. Lo que requiere "genio" es leer. Leer es lo que puede convertir una posibilidad abstracta en un acto libre concreto. Leer lo que estaba escrito desde antes, o desde siempre, lo que la mano va profiriendo, o el viento fisicoquímico

asociando en las hojas sueltas del árbol de la memoria, o todo lo que puedo encontrar materialmente y revelármelo y revelarme. Esta tarde tus ojos. Lo que requiere genio es el amor. Nadie es un Genio, un Escogido en el sentido de *Unico*, idólatrico o aristocrático. La genialidad no es una categoría ontológica, sino un estado de inspiración. El genio es más propio de una pareja que de una sola persona.

Sin embargo, ser persona es precisamente hacerse cargo de sí mismo como un ser abierto, desbalanceado, gravitante hacia la comunión personal, hacia la vida inspirada. Y hay actos inspirados que avivan esa tensión a los otros concretos, que nos despiertan del tráfico abstracto, que nos liberan, que exigen un ejercicio de nuestro ser concreto y así nos enfrentan a nuestra propia gravitación, a nuestra carencia, a eso único necesario que es el amor. Esos actos exigen la totalidad de nuestro ser, no nada más los ojos o tal o cual entretenimiento. Por eso nos reconstituyen, nos desalienan, nos reconocen como totalidades, aunque sea temporalmente y con el riesgo de otro género de alienaciones.

Uno de esos actos inspirados puede ser la lectura de un poema. Un poema es un programa de actos labiales, visuales, asociativos, etcétera, que interpreta el lector, como un actor. Puede pensarse remotamente en una "máquina" de leer, que sería el hombre mismo. El programa que movería al lector-máquina tendría previsto el estímulo visual de tal palabra, el clic de tal giro insólito, el hecho de que la palabra siguiente no empiece con una posición labial o de la lengua

que exija una "digitación" imposible, por falta del tiempo, dada la posición terminal de la palabra anterior, etcétera. Sin embargo, la función totalizadora que exige el poema (si es bueno), y, que en ese sentido, puede considerarse una función "programada", no es automática: ninguna máquina puede integrar el poema como totalidad de lectura consciente. Un lector no es un zombi "programado" por un brujo, un consumidor amaestrado por la televisión, o un hipnotizado o sonámbulo dirigido.

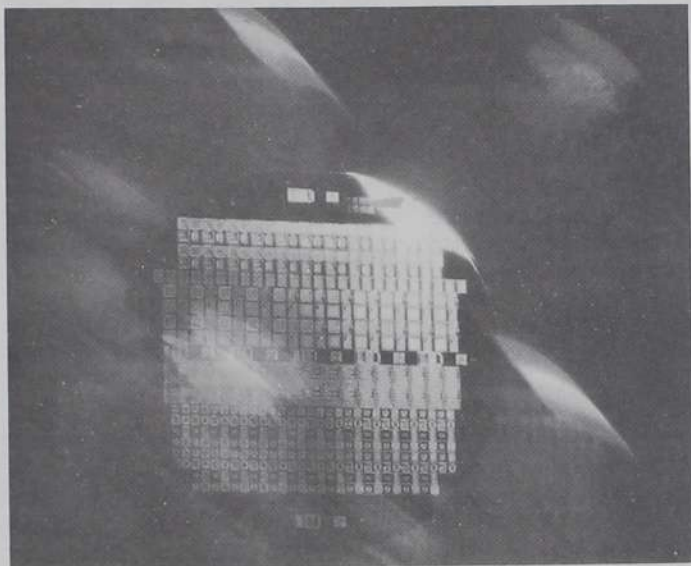
La totalización del poema exige asumir la libertad del supuesto ejecutante "programado" en el poema: no necesariamente la primera persona que habla en los versos, sino su autor. El lector se "pone en el caso" como un actor o una máquina analógica, pero la "máquina" deja de serlo porque su "respuesta" es intransferible. Hay tantas actuaciones como lectores. La actuación no es una "respuesta condicionada" sino una expresión virtual de sí mismo asumida con la distancia y libertad con que el autor mismo asume su obra. La persona que hizo el programa (el autor como escritor, no como personaje implícito o explícito) es la primera que lo prueba, lo ajusta, lo verifica, no de acuerdo con ciertas normas para escribir sino existencialmente, leyendo. Es el primer lector de su obra, el lector protagonista que luego deja este papel a todo lector. Su personalísima interpretación deja su huella en el papel, pero esa interpretación es únicamente suya, y hasta cierto punto es incommunicable: la "función totalizadora de la máquina humana" es lo que nos hace únicos y concretos, y por lo mismo semejantes, tanto en el

sentido abstracto de tener la misma forma, como en el sentido concreto de ser, hoy, aquí, tú y yo, comunicantes. Lo que yo leo nunca es lo que tú lees, aunque podamos comulgar en lo mismo. Aunque lleguemos a compartir por completo una lectura, el centro de tu lectura está en ti, como el de la mía está en mí. Aun en la situación nupcial de la mutua entrega, cuando no estamos leyendo algo, sino "leyéndonos" uno al otro, yo soy tú desde mí, como tú eres yo desde ti; somos los actores, los autores, los espectadores, el escenario natural del ser alcanzándose a sí mismo como otro, pero no somos el mismo. Para hablar de un sujeto único habría que hablar de un sujeto plural, de un "nosotros" (concreto). Los teólogos que hablan de la "procesión" de "personas" en el "circuito" de la Santísima Trinidad, podrían decir que la unión nupcial es la máquina analógica de Dios.

La literatura es el medio abstracto de alcanzar a uno mismo como concreto. Sería innecesaria en un estado paradisiaco de comunión de las personas. Es una forma virtual de esa misma comunión. La literatura nos desdobra en actores, espectadores y autores. Nos saca de nosotros mismos sin dejar de ser nosotros mismos. Provoca de una manera artificial (o virtual, si se prefiere decir) la apertura a la otredad. Somos más libres y más inteligentes después de leer cosas libres e inteligentes. No porque nadie pueda "darnos" eso. El modelo hidráulico, todavía tan usado, de "forma" y "contenido", tiene esa extensión lógica, no menos engañosa, de un "transmisor" que envía por un tubo un "contenido" a un "receptor"; lo cual supone

además un par de tanques: el de las muchas "cosas que tiene que decir" el autor y que bombea el tanque de almacenamiento del lector. No, somos más libres y más inteligentes porque el "programa de actos" que seguimos exigió el ejercicio de nuestra inteligencia y libertad, no como trabajo parcial y enajenante, sino como libre actuación. "Producción" y "consumo" son la misma cosa en el trabajo que no lo es, en la libre actividad creadora que es una buena lectura.

Leer un poema es escribirlo. Sin embargo, no es lo mismo escribirlo por primera vez ("hacer el programa maestro") que seguirlo escribiendo cada vez que se lee. Entre otras diferencias, importa ahora la siguiente. Cuando yo hago un programa respondo a una necesidad de totalización personalísima, aunque dada la relación autor-lector-etcétera que implica el programa, tiene que ser válido desde otro lector posible. Yo puedo marcar un corazón y una fecha en un árbol, y cada vez que vuelva a verlo sentir grandes emociones; pero un poema es otra cosa que un garabato "subjetivo". Eso no quita que el lector posible esté condicionado por sus limitaciones personales y las mías. Si nunca ha leído (leído, realmente) un poema moderno, tal vez no vea la diferencia con cualquier garabato subjetivo. (La confusión aumenta cuando algunos poetas que no saben leer, tampoco ven la diferencia y empiezan a publicar garabatos subjetivos.) Si no sabe lo que es un pirú o nunca ha visto una turquesa, o Heráclito no le suena a nada; si nunca ha tenido la experiencia del amor recíproco, o tiene poco oído para la gracia sentenciosa de un refrán; si



se cree bueno, aunque no lo diga, porque no tiene malicia ni humor con respecto a sus supuestas intenciones, o el azul para él es el nombre oficial de una serie de colores entre los cuales no ve ninguna diferencia; etcétera, todo esto va condicionando la posibilidad de compartir una lectura.

El número de lectores posibles de un poema puede reducirse a tres mil, a treinta, a tres. Los módulos característicos de autores y lectores van definiendo "familias" que pueden compartir poemas, especialmente "suyos". Los poemas son como plazas o jardines públicos habitables por muchos, y, según la hora, la estación, la persona, el número de veces que se han recorrido, el crecimiento de los árboles, son siempre los mismos y siempre otros poemas. Lo cual no quita que, aunque compartiendo los módulos culturales que hacen público, habitable o "comprensible" el poema, la personalísima visión del archi-

tecto, deje su huella y condicione o estimule la visión de los demás. Y que mientras éste viva y vuelva a recorrerlo, lo sienta especialmente propio, se sienta particularmente expresado en él, aunque inclusive llegue a ver más o a expresarse mejor gracias a las observaciones o visión de otros que lo han recorrido y le han hecho ver tales o cuales cosas. Aunque puede también suceder que por sus propios cambios, se aleje de esa familia, y sienta muy remoto al autor de su poema.

Cuando en la novela de Jules Renard, Zanahoria le encarga a su padre unos libros, el señor Lepic le contesta: "Querido Zanahoria: los escritores de que me hablas eran hombre como tú y como yo. Lo que ellos hicieron, puedes hacerlo tú. Escribe libros, y podrás leerlos después."⁶

Ciertamente, una de las más válidas razones para escribir es poder leer algo que uno necesitaba

leer. Ciertamente, también, se escribe mucho por ignorancia, porque se ha leído poco. Ignorancia que puede ser inteligente: leerlo todo para empezar a escribir después, es la cosa más absurda del mundo. Un ser humano no funciona así. No se deja convertir impunemente (y lo menos que puede sufrir es una congestión, un bloqueo, una apatía) en un "consumidor cultural". Todo lector necesita constantes "reorganizaciones del mundo", "totalizaciones" propias, que va efectuando, si es buen lector, mientras lee, en la reflexión posterior, en la conversación, quizá por escrito. Shakespeare no inventó el lenguaje ni el mundo isabelino. Pero lo leyó tan bien al reescribirlo que su lectura ha llegado a ser canónica de ese lenguaje y ese mundo.

¿Y si Shakespeare se hubiera encontrado milagrosamente en la playa una botella con un soneto de Shakespeare? Lo recorrería, se deslumbraría de verse tan maravillosamente expresado y lo publicaría con los demás. ¿No eran también encuentros concretos y maravillosos los que había tenido con los otros sonetos, aunque hubiese sido por tanteos, por exploraciones manuales, orales, visuales, de un bulto que iba saliendo a la luz?

¿Y las otras palabras proferidas, los encuentros y asociaciones que se le ocurrieron personalmente y escribió de su puño y letra, aunque luego tiró a la basura porque no lo expresaban? No eran sonetos de Shakespeare.



Notas

1.- Citado por P. Humbert en *L'Oeuvre Scientifique de Pascal*.

2.- W.B. Cannon, *The Wisdom of the Body*.

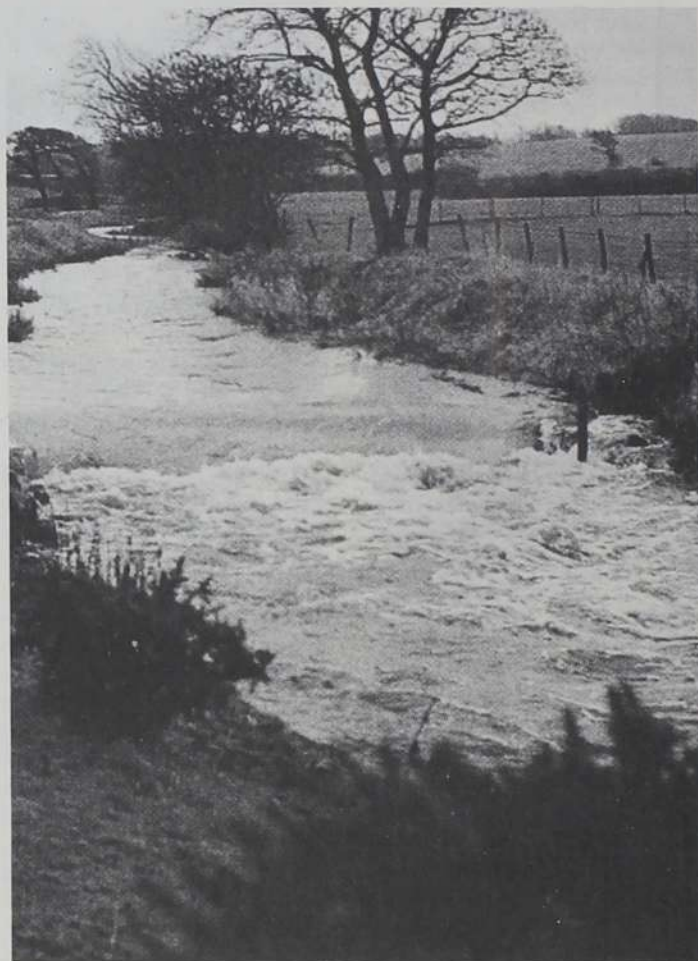
3.- H.A. Simon, *The new science of management decision*.

4.- J. Ferrater Mora, *Diccionario de Filosofía*, artículo "Prueba de Gödel".

La prueba, explicada con cierta extensión, puede verse en E. Nagel y J.R. Newman: *La Prueba de Gödel*, trad. de R. Xirau.

5.- V.E. Giuliano, *Science and technology*, febrero de 1967.

6.- J. Renard, *Zanahoria*, trad. de E. Díez Canedo.





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

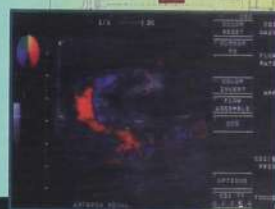
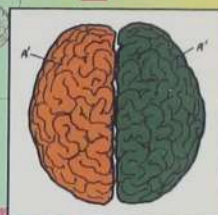
1^{er} CONGRESO LATINOAMERICANO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA

REUNIÓN DEL CONSEJO REGIONAL DE INGENIERÍA BIOMÉDICA PARA AMÉRICA LATINA, CORAL 9
XXI CONGRESO NACIONAL DE LA SOCIEDAD MEXICANA DE INGENIERÍA BIOMÉDICA, SOMIB
1^{ra} REUNIÓN DE IEEE-EMBS REGIÓN 9
EXPROTECNOMED 98

11 al 14 de noviembre de 1998
Mazatlán, Sinaloa. México

TEMAS

Administración y Evaluación de Tecnología Médica
Aspectos Profesionales y Educativos
Bioelectromagnetismo
Biofísica y Fisiología
Biomecánica y Rehabilitación
Biónica y Robótica
Biosensores
Computación aplicada a la Medicina
Física Médica
Imágenes Médicas
Ingeniería Clínica y Hospitalaria
Instrumentación para Monitoreo y Diagnóstico
Microelectrónica
Modelos y Simulación
Óptica Biomédica
Procesamiento de Señales
Prótesis y Órganos Artificiales
Redes Neuronales e Inteligencia Artificial
Telemetría y Telemedicina



SOMIB



CORAL



IEEE



EMBS



IFMBE



OPS

1^{ER} CONGRESO 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

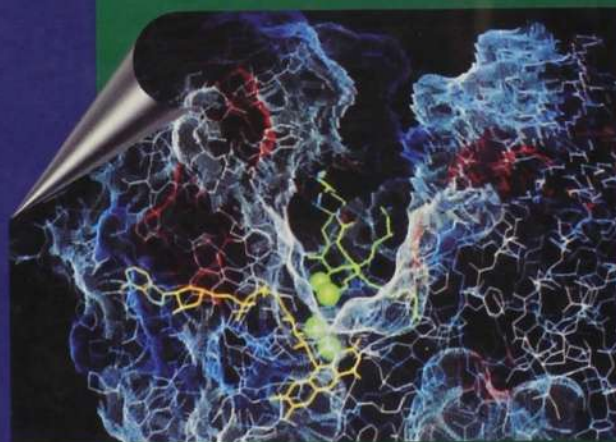
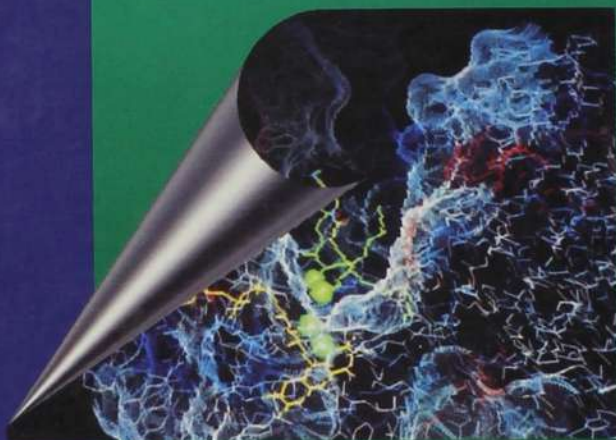
*El Departamento cuenta con 30
investigadores en las áreas de:*

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