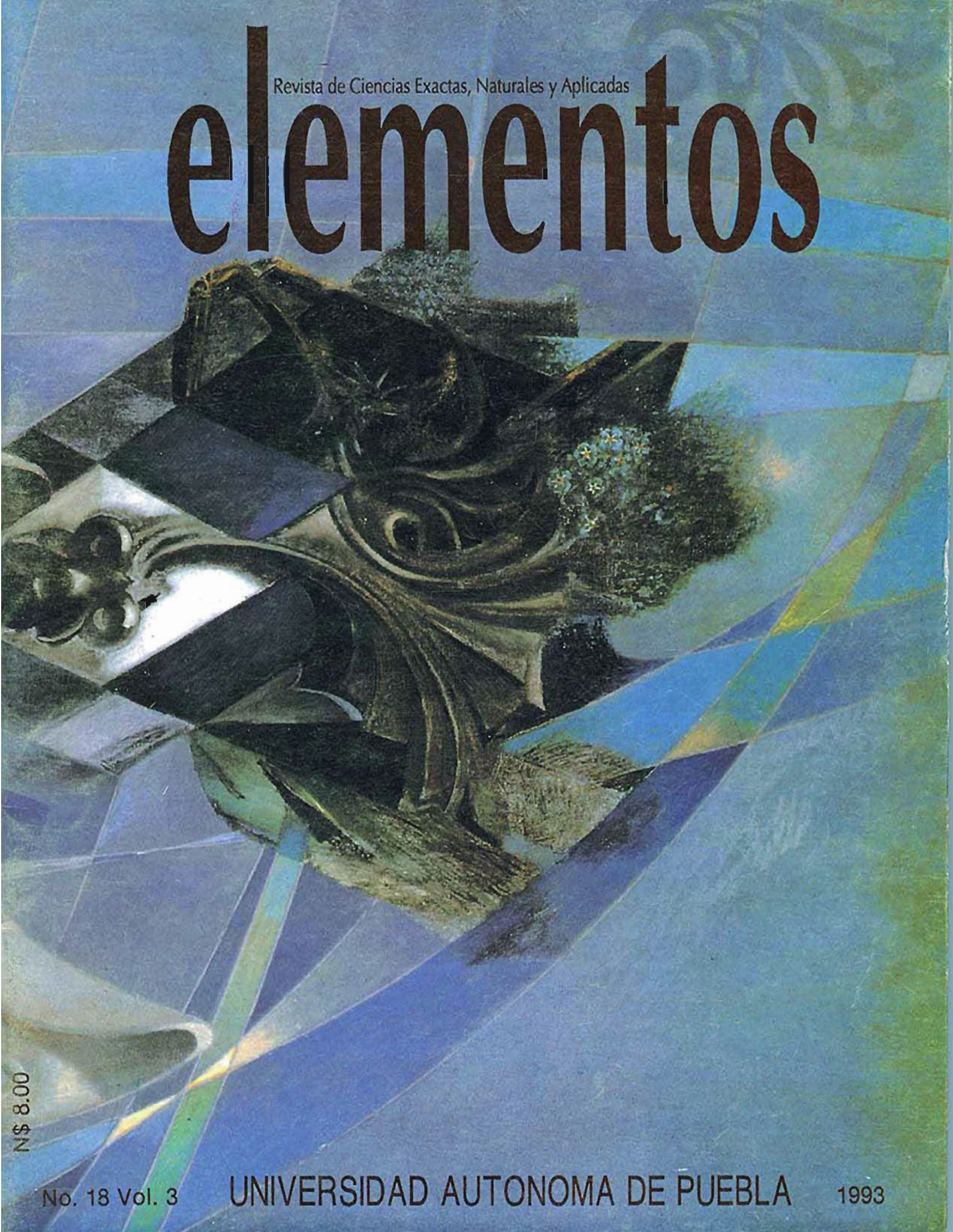


Revista de Ciencias Exactas, Naturales y Aplicadas

# elementos



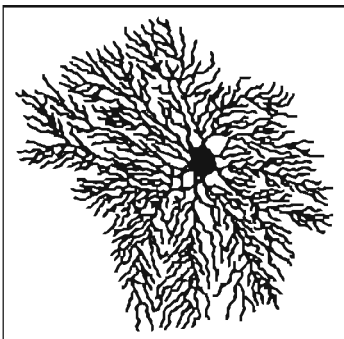
N\$ 8.00

No. 18 Vol. 3

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA

1993

# S · U · M · A · R · I · O



## ELEMENTOS

Revista de Ciencias Exactas,  
Naturales y Aplicadas

No. 18, Vol. 3, 1993

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE PUEBLA

### Rector

Lic. José Dóger Corte

### Secretario General

Lic. Víctor Espindola Cabrera

Vicerrector de Investigación  
y Estudios de Postgrado

M. C. Enrique Dóger Guerrero

### Director

Dr. Enrique Soto Eguibar

### Consejo Editorial

Beatriz Eugenia Baca

Ma. de la Paz Elizalde González

Enrique González Vergara

Julio Mendoza Alvarez

Hugo Navarro Contreras

Francisco Pellicer Graham

Leticia Quintero Cortés

Jesús Reyes Corona †

Luis Rivera Terrazas †

Raúl Serrano Lizaola

Cristóbal Tabares Muñoz

Gerardo Torres del Castillo

### Edición

Gonzalo Fernández

Ma. Eugenia Pérez

José Emilio Salceda Ruanova

### Diseño

Enrique Soto Eguibar

### Formación

José Emilio Salceda Ruanova

### Portada

Max Ernst

Financiada parcialmente por SEP-  
DGICSA (Convenio 91-04-21-001-465).

3

LA TEORÍA DEL DARWINISMO  
NEURONAL

*Francisco Huneus C*

11

BREVE HISTORIA DE LA HERPETOLOGÍA  
EN MÉXICO

*Oscar Flores Villela*

23

EL SELECCIONES Y LA MUERTE

*Marcos Winocur*

29

LA HERENCIA EXTRACROMOSÓMICA EN  
LAS BACTERIAS

*Beatriz Eugenia Baca*

*Ygnacio Martínez Laguna*

*Candelario Vázquez Cruz*

35

LA MICROSCOPIA CONFOCAL

*Enrique Soto Eguibar*

40

ASPECTOS NEUROQUÍMICOS DE LA  
DEPRESIÓN Y LA ESQUIZOFRENIA

*Amira del Rayo Flores Urbina*

44

EL PRIMER CUARTO DE SIGLO DEL  
SECTOR ELÉCTRICO EN PUEBLA:

BOSQUEJO HISTÓRICO DE SU  
IMPLANTACIÓN

*Ernesto Godoy Dárdano*

52

LA CIENCIA HOY

52

Jacqueline K. Barton y la  
química

56

Genes recombinantes  
usados para tratar tumores  
cerebrales experimentales

57

Los condones y el placer  
sexual

58

Qué loco propósito. Una  
visión personal del  
descubrimiento científico

60

Las pasiones del  
conocimiento

62

Arbitraje o selección editorial

**S**i bien, conviene clasificar a las diferentes disciplinas científicas con base en sus métodos y en los problemas que abordan y, decimos que no existe la ciencia sino las ciencias, es deseable también no perder de vista la unidad del saber; de ahí el que carezca de importancia la disciplina de origen de los trabajos científicos. Lo verdaderamente importante es que estos constituyan una explicación metodológicamente válida y trascendente de algún aspecto de nuestro universo.

Pensamos que una ciencia sin examen, sin consideración de su impacto y sus condiciones de desarrollo, es una ciencia deshumanizada que desemboca en el cientismo. Al hacer *Elementos* queremos contribuir a una cultura científica crítica y humanista que no, en aras de un pretendido rigor y precisión, sacrifique la aventura de la inteligencia en la búsqueda del conocimiento y la comprensión del fenómeno mismo del saber.

## LA TEORÍA DEL DARWINISMO NEURONAL

Francisco Huneeus C

Editorial Cuatro Vientos  
Santiago de Chile

Hace unos cuantos años (1966) como invitado al primer programa intensivo del *Neurosciences Research Program* tuve la oportunidad de conocer al doctor Gerald M. Edelman. Boquiabierto y deslumbrado como estaba por el vuelo especulativo, multidisciplinario y experimental de la concurrencia, como por la ocasión -casi un mes en un hermoso *campus* universitario al pie de las Rocallosas- mis contactos fueron tímidos y especiales. En una velada musical, junto a Manfred Eigen interpretamos una lamentable versión del trío de Brahms para corno, violín y piano. (Eigen al piano, Edelman al violín y yo en corno). El tiempo me ha dado el sabor personal del bailecito en dos tiempos de la selección natural; primero azar, dispersión, encuentros no planificados, posibilidades, y luego selección, perduración y sobrevivencia de los más adaptados para enfrentar las circunstancias que se presenten. Mis dos compañeros circunstanciales de esa velada siguieron su camino al ser distinguidos con sendos premios Nobel. Eigen por su trabajo sobre fisico-química de las reacciones rápidas, y Edelman por la elucidación de la estructura de los anticuerpos. Y ahora este último en su libro *Neural Darwinism, The Theory of Neuronal Group Selection* presenta su teoría unificadora del funcionamiento del cerebro. Tal vez su experiencia de haber resuelto a nivel molecular el funcionamiento del sistema antigénico anticuerpo lo capacite en forma especial para resolver el otro gran sistema de reconocimiento que poseemos. Dada la enorme trascendencia del tema

para todos los colegas y psicólogos, y en especial para los neurólogos, psiquiatras y educadores, creo de gran interés conocer la teoría del Darwinismo Neuronal. El libro en sí no es nada fácil, además que tardará mucho en llegar en nuestro idioma, razón por la cual lo que sigue está tomado en buena parte de un comentario hecho por J. Z. Young (*The N. Y. Review of Books*, feb. 4, 1988) célebre neurocientífico británico.

### ¿Qué es esto de conocer?

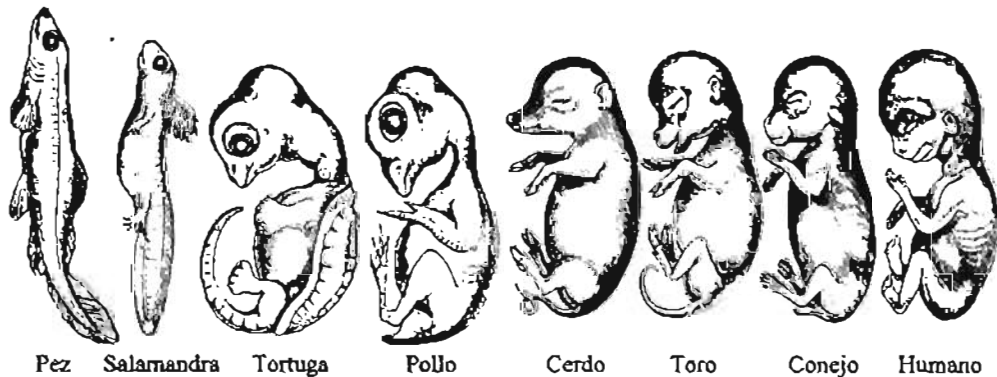
En la interminable búsqueda del conocimiento de sí mismo, el problema central para el hombre ha sido: ¿qué es esto de conocer? Al parecer el sentido común no tiene dudas al respecto cuando J. Locke dice: "El primer paso hacia el conocimiento es la percepción, y es también la puerta de entrada a todo material que hay en él". Pero de ser así ¿de dónde provienen las noticias, y cómo y dónde las recibimos? ¿Será que llegan en paquetes o *gestalts* a algún lugar del cerebro donde son recogidas por algún agente central, la mente, el alma o algún *homunculus* escondido que todo lo interpreta, clasifica y colecciona? Y más aún: ¿qué es aquello que recibe la percepción? ¿De dónde provienen los datos? ¿Será que están todos allá afuera en forma de objetos y eventos en un mundo real?

Éstas, que son preguntas clásicas de la filosofía, últimamente han sido abordadas no sólo por neurocientíficos (véase *El Árbol del Conocimiento* de H. Maturana y F. Varela, 1984) sino, mediante la construcción de modelos

teóricos y prácticos de la percepción y el pensamiento, por científicos cognitivos. La teoría del Darwinismo Neuronal propuesta por Edelman consigue juntar estos dos enfoques. Provee una acabada descripción de la actividad cerebral y además suministra modelos computacionales de los principios involucrados. Sostiene esta teoría que el principio mediante el cual el cerebro realiza sus hazañas de la percepción, el aprendizaje y la memoria, es la selección de neuronas y vías neuronales mediante la influencia de la experiencia. Prudentemente, deja para más adelante la aplicación de estas ideas a los problemas generales de la conciencia, la emoción y el lenguaje. A pesar de esta limitante, la teoría da luces a problemas que realmente nos interesan muchísimo, como es la recuperación de una función luego de un daño orgánico cerebral. También nos da una idea de cómo llegamos a analizar el mundo sin recurrir a un *homunculus*, lo que en sí es una hazaña ya que a pesar de que los neurocientíficos se abocan al estudio de las neuronas, los reflejos condicionados, las áreas corticales, pocas veces se abocan al problema de qué es lo que los 'usa' para producir la conducta observada, y menos aún al mentalismo. La mayoría de los neurofisiólogos dirían que es aún poco realista dar una perspectiva de cómo funciona el cerebro en su totalidad. Esto ha de ser el resultado de la tradición científica 'atomista'; el estudio acabado de las unidades individuales, sin referirse al fenómeno que constituyen las

poblaciones de neuronas y sus conexiones. Y éste es precisamente el tema central de la teoría. Como su nombre lo sugiere, la particular organización del cerebro se logra mediante la competencia por sobrevivir entre las neuronas, y por ende por la selección de las conexiones nerviosas que resultan más adecuadas para la sobrevivencia. La naturaleza no produce sus maravillosos resultados por medio de máquinas precisas, como lo haría un ingeniero, sino que parte de un número enorme de individuos variados donde los más aptos para encarar las eventualidades del ambiente son los que perduran. (De hecho, los diseñadores de computadoras están en este momento abocados al estudio de las así llamadas redes neuronales para poder conseguir que sus máquinas hagan algún día lo que el cerebro humano: reconocer imágenes, comprender lenguaje escrito, generar frases, etcétera).

El código genético de un individuo, dice Edelman, no es suficiente para determinar las instrucciones necesarias para producir las miles y miles de conexiones que implica la organización de un cerebro. No están especificados todos los detalles -como la forma de un *eucalyptus* tampoco está especificada genéticamente en todos sus detalles. En un comienzo habría muchas conexiones neuronales, y muy específicas, que con el correr del tiempo y la experiencia se van consolidando. La ubicación precisa de las ramas en un árbol y dentro de ellas la de las hojas, la determinará la historia del viento.

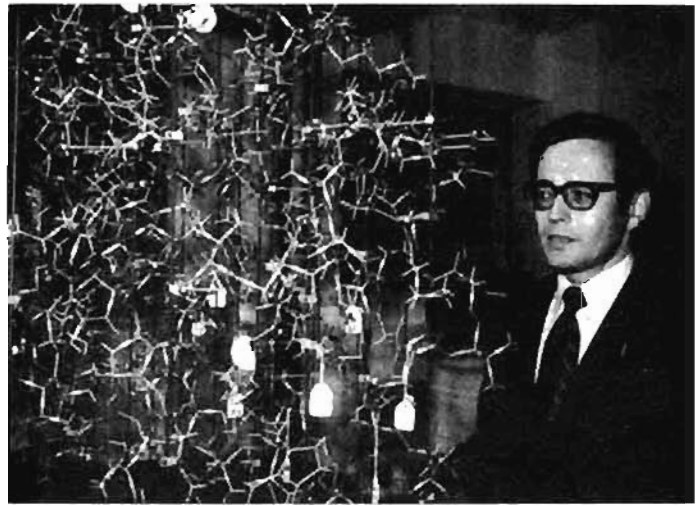


Los procesos que se llevan a cabo en el embrión no producen un cerebro conectado en forma precisa en que cada detalle está especificado por la herencia. Las cosas que determina la herencia son bastante generales. Para producir multimillones de conexiones precisas se requeriría de un micro-electricista que para el caso sería un primo en segundo grado del *homunculus*. En todo caso, nadie ha podido demostrar que exista tal circuitismo tan preciso, ni que tuviera que ser así para dar cuenta de la extraordinaria capacidad perceptual y conceptual del cerebro.

### Las hazañas del reconocimiento

Lo que tiene que ser explicado es el proceso de la generalización, es decir, el poder para reconocer clases de cosas bajo muchas condiciones distintas. Los animales y las personas pueden reconocer objetos en todo tipo de aspectos cuando son confrontados con sólo unos pocos ejemplos de ellos. Edelman cita el caso de unas palomas entrenadas por Richard Herrnstein y J. Cerella para picotear una clave cuando se les mostraban fotografías de determinados objetos. Pudieron aprender a picotear cualquier imagen que contuviera un árbol o incluso una hoja, y no picoteaban cuando no aparecía un árbol. Pero tal vez, esto era de esperarse ya que los árboles son importantes para las aves. Lo sorprendente fue que las palomas también pudieron ser entrenadas para reconocer fotografías de peces bajo el agua, en todo tipo de variantes de color y distancia. Y aún más dramático, aprendieron a picotear imágenes de una determinada mujer vestida de distintas formas, y rechazaban a otra mujer con las mismas ropas y en la misma calle.

El problema es descubrir cómo se produce un cerebro capaz de realizar tales hazañas de clasificación y reconocimiento de rasgos del mundo significativos para él, a pesar de que no



aparecen ya nombrados. El mundo, claramente, está lleno de objetos in-nombrados. Los genes no pueden organizar todas las conexiones; no hay suficientes de ellos para especificar el increíble número de  $10^{14}$  conexiones sinápticas existentes en el cerebro humano. Tiene que estar funcionando algún proceso auto-organizador a medida que se desarrolla el sistema nervioso. Las células nerviosas jóvenes hacen filamentos finos que empujan hacia afuera como raíces entre los otros tejidos del embrión. Las direcciones que toman y las conexiones que forman, dependerán de las propiedades de su superficie. Tras cinco años de arduo trabajo, Edelman y sus colaboradores han descubierto ciertas sustancias químicas que son las que posibilitan la adhesión de las células nerviosas entre sí, y que se llaman "moléculas de adhesión celular" (*cell adhesion molecules*) o CAMs. Las CAMs son producidas por las superficies de las células y fibras nerviosas, bajo la influencia de su gen. Ya se han identificado varias especies de CAMs por su estructura química. Su efecto es guiar el crecimiento de las fibras nerviosas, de modo que produzcan pequeños grupos interconectados de neuronas en el cerebro embrionario. Luego, después del nacimiento, a medida que los efectos de los estímulos comienzan a ingresar al cerebro a través de los ojos,

Gerald M. Edelman, ganó el Premio Nobel de Fisiología y Medicina del año 1972, por haber demostrado que los anticuerpos están formados por cadenas de polipéptidos pesadas y ligeras y que, éstas son separables químicamente.

los oídos y la piel, hay una competencia por la supervivencia entre estos grupos de células nerviosas. De tal modo que las células y las conexiones que son utilizadas sobreviven, y las que no lo son, mueren y desaparecen.

Independencia



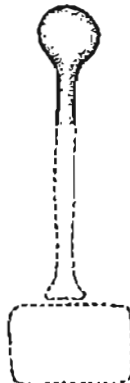
Crecimiento



Dependencia  
trófica



Degeneración



Si el cerebro va a servir para guiar a la criatura con cierta precisión por el mundo, tiene que haber algún modo de asegurar que estos cálculos se refieren a la real configuración de los eventos. Tiene que haber un sistema de señalizaciones que suministre un mapa que mantenga todas las acciones en una orientación real y verdadera con respecto al mundo. Esta necesidad se satisface a una temprana etapa de desarrollo, por la formación de mapas en el cerebro. El más conocido de estos mapas está en el sistema visual, en que todos los puntos en la retina están conectados con puntos colindantes en el cerebro. Esto le suministra información acerca de la distribución espacial de los acontecimientos. También hay receptores gravitacionales para asegurar que los ojos sean mantenidos en posición correcta. Todos los animales que tienen un cerebro complejo poseen tales mapas; se han encontrado en el hombre, en los monos, en los sapos, en los peces, en los pulpos y en las abejas.

¿Cómo se hacen las conexiones correctas? Se han sugerido varios *microhomunculi*; en cada caso, se postula que una fibra nerviosa marcada desde la retina llega a destinos correspondientemente marcados en el cerebro. Pero experimentos como los de Michael Gaze en Londres, fun-

damentalmente con sapos, han mostrado que no hay tales células marcadas. La conexión correcta no se hace de esa forma, sino mediante un proceso dinámico de competencia. Lo que ocurre parece ser que las fibras más tempranas de la retina llegan guiadas por sus propias CAMs, y luego sus ramificaciones se difunden ampliamente en el cerebro de modo que primeramente sus terminaciones se superponen unas sobre otras. Algunas terminaciones de cada fibra conectan con las células cerebrales jóvenes, formando un mapa muy burdo de la retina. Luego, a medida que comienza la visión y la retina misma crece, llegan más fibras y hay competencia por la conexión con las células. Poco se sabe acerca de los detalles de esta lucha, pero posiblemente depende de la función visual: aquellas conexiones que son utilizadas, se fortalecen proporcionalmente, y las menos utilizadas se desvanecen hasta que se logra un pareo preciso.

El sistema de competencia y selección de conexiones, sugiere Edelman, es el principio de todo desarrollo ulterior en el cerebro. Es un sistema activo-dinámico, adaptativo, que encuentra su resultado por ensayo y error, en lugar de por un conjunto fijo de reglas. El sistema depende de la formación inicial de un gran número de células y ramificaciones, y el desarrollo ulterior únicamente de aquello que se utiliza. Desde hace mucho tiempo se sabe que un gran número de células nerviosas mueren durante el desarrollo, casi el 70%, y esto es exactamente lo que se esperaría en un sistema basado en la competencia y la selección.

### Los mapas sensoriales

Los mapas de los campos sensoriales son la primera etapa del análisis. Se conectan con otras áreas del cerebro donde los procesos perceptuales son llevados más allá. S. Zeki de la Uni-

versidad de Londres ha encontrado muchas áreas de ese tipo para la visión, en hombre y monos por igual, y cada una de estas partes del cerebro sirve para extraer algunos rasgos de la escena: contornos, colores o distancias. La formación de tal sistema debe depender primero de los genes, operando mediante las "moléculas de adhesión celular", que guían a las fibras jóvenes. Las etapas posteriores son luego producidas por la competencia entre los grupos de fibras nerviosas que pasan de un área a la siguiente.

El sistema de selección a partir de un conjunto, seguido por una amplificación, es también el mecanismo mediante el cual adquirimos la inmunidad. Los anticuerpos son producidos por células seleccionadas de entre un gran número de posibles productoras ligeramente distintas.

Edelman, sabiamente, insiste en que los neurocientíficos no debieran sumirse en analogías simplistas de los mecanismos detallados de selección natural o de la selección clonal en inmunología. Es el principio lo que importa. La gran potencia y flexibilidad de un sistema construido de esta manera, depende del hecho de que los grupos formados bajo selección tienen funciones que se superponen. Cada grupo responde fundamentalmente a un rasgo, digamos un conjunto de contorno visual en un ángulo particular, pero también responde a otros, y viceversa; cada rasgo estimula muchos grupos. Esta característica, conocida como *degeneracy*, también explica la gran adaptabilidad de un organismo y la capacidad de recuperación después de un daño. Hay evidencia creciente, como la de los experimentos de P. Wall en gatos, y más recientemente, los de M. Merzenich en monos, de que después de una lesión, digamos por pérdida de una extremidad, hay una reorganización bastante rápida de las conexiones dentro del cerebro. Esta potencialidad de redistribución puede ser importante en

muchas circunstancias y da esperanza para la recuperación luego de un accidente vascular, por ejemplo, o de una lesión cerebral.

La velocidad de los cambios que pueden ocurrir en el cerebro luego de una lesión, muestra que hay muchas conexiones posibles en espera de ser usadas si es que son necesarias. Si esto es así, en todas las partes del cerebro, constituiría la base para capacitarnos en nuevas destrezas de acción y de pensamiento. Ciertas capacidades para hacer algunos tipos nuevos de conexión están limitadas a los periodos críticos tempranos de la vida -por ejemplo, el aprender a hablar. Sin embargo, no hay ninguna duda de que existen, aun en adultos, conexiones potenciales. La conclusión general es que el funcionamiento del cerebro depende del modo cómo es usado y del hecho que las capacidades no utilizadas se atrofiarán. La experiencia humana ha sugerido, durante mucho tiempo, algo de este tipo, y es bueno tener una prueba concreta de ello.

La atracción fundamental de la teoría de la selección radica en que es bastante congruente con algunos rasgos de la anatomía cerebral, incluyendo el gran número de células y sus conexiones y variaciones, además de la muerte temprana de muchas de ellas. No hay ningún experimento que pruebe o refute tal teoría. Sin embargo, Edelman suministra modelos compu-



Micrografía electrónica de la unión neuromuscular en la rana



Charles Darwin (1809-1882)

tacionales que muestran que puede funcionar. Su modelo de la región cortical que recibe estímulos de la piel de la mano de un mono, desarrolla una pauta de células muy parecida a la que realmente existe. Más aún, el modelo llega a adaptarse a la pérdida de un dedo, tal como sucede en la corteza de un mono real. El modelo de un autómata, que Edelman denomina Darwin-Wallace, muestra la proyección de un órgano sensorial a una serie de mapas reciprocamente conectados, tales como ocurren en la corteza visual. Darwin-Wallace aprende a reconocer letras, aun cuando sean de distinto estilo o muy distorsionadas; es decir, el modelo ejecuta la proeza de la generalización.

### El "Darwin III": un modelo escalofriante

En un reciente Congreso Internacional sobre Investigación Cerebral en Budapest, Edelman mostró un modelo selectivo más poderoso que el que se presenta en el libro. Era capaz de reconocer la forma de los objetos y manejarlos adecuadamente. Podría decirse que ese sistema era capaz de aprender a percibir y actuar en cierto modo adaptativo; no necesita un *homunculus*. El programa se llama Darwin III y es un modelo artificial, con 5,700 "neu-

ronas", conectado por 120,000 "sinapsis"; tiene un "ojo" que puede ver y mover dentro de su cabeza, y un "brazo" con cuatro articulaciones que también puede mover. Vive, eso sí, en un mundo cuadrado bidimensional. Es una criatura decepcionantemente simple en apariencia, pero capaz de una conducta bastante extraordinaria. Lo interesante de este modelo es que no está programado de antemano, en el sentido simple de la palabra. No hace nada prescrito, su conducta aparente no está programada. Pero posee ciertos "valores" muy generales tales como: ver es mejor que no ver, tocar es mejor que no tocar, los objetos rugosos estriados son nocivos y debieran ser rechazados. Pero dado que no tiene un programa, no se puede predecir su próxima movida.

En una película de doce minutos de duración, se puede observar la conducta de Darwin III en más de ocho mil ensayos. En la pantalla se ve a la criatura en forma esquemática, una entidad vital ante varios objetos bidimensionales, algunos estriados, algunos rugosos, que flotan impredeciblemente a través de su mundo que se ve en azul. Fuera del mundo de la criatura, podemos ver una rendición esquemática de su cerebro con cajas que representan sus centros visuales, táctiles y motores como conexiones entre los diferentes centros que se van iluminando brillantemente a medida que son utilizados. En otro extremo de la pantalla se pueden ver los sistemas que forman categorías, donde el cerebro clasifica las entradas de su "ojo" y de su "brazo" cuando ve y siente un objeto estriado y rugoso, lo cual gatilla una respuesta refleja que consiste en alejar de sí al objeto.

Al "nacer", la criatura comienza respondiendo a objetos visuales. Primero, se puede ver que su "mirada" deambula como el ojo de un recién nacido en la obscuridad, por todas partes, sin ver prácticamente nada, sin detener la

“vista” en ningún objeto. Luego, después de unos dos mil ensayos y a medida que la fortaleza de las conexiones sinápticas va cambiando, los movimientos del “ojo” no son azarosos, y tiende a seguir un objeto en movimiento. Luego de otros dos mil ensayos, el “ojo” localiza además de seguir al objeto en movimiento. Lo mismo ocurre en la secuencia que sigue con respecto al “brazo”; al principio este “brazo” se mueve con sus cuatro articulaciones en forma azarosa, y con su mecanismo “táctil” en el extremo del brazo, podemos ver cómo tiende a palpar un objeto rugoso y estriado. A lo largo del tiempo, a medida que las conexiones cerebrales se seleccionan y fortalecen, empieza a producirse una coordinación entre lo que el “ojo” ve -estrias- y lo que el “brazo” siente -rugoso. Súbitamente, el cerebro se ilumina con algo así como una verdadera tormenta eléctrica, como si las conexiones entre las pautas de respuesta táctil y visual se hubieran establecido. En un instante el brazo empuja y aleja de sí el objeto nocivo. Es como estar observando a un recién nacido o a un bebé aprendiendo, escalofriante.

En una versión anterior de la teoría de selección y amplificación neuronal, J. Z. Young ha sugerido que el aprendizaje simple en los pulpos y cefalópodos depende de la selección entre las distintas salidas posibles de las células pre-formadas capaces de detectar la dirección de los contornos. De hecho, en los lóbulos ópticos de los cefalópodos, y pulpos en particular, hay muchas células altamente orientadas. Es muy posible que muchos animales nazcan con algunos de tales sistemas que están predeterminados para aprender en formas que les dan capacidades de percepción adecuadas a la vida, al igual que nuestro sistema parece ser predeterminado o predispuesto para el lenguaje. Edelman mismo cita la evidencia de P. D. Eimas y otros, de que los niños nacen con capacidades de reco-

nocimiento de los sonidos del habla. Las características de los grupos de células nerviosas más tempranas deben determinar el rendimiento de cualquier cerebro y han sido dispuestas por la herencia. Tal vez algunos de estos elementos ya están sintonizados para detectar rasgos complejos. Por ejemplo, hay bastante evidencia a partir del trabajo de Rolls y Perrett en Oxford, de que los monos adultos tienen células nerviosas que responden cuando el animal ve una cara en particular. Quizás, el conjunto primario de células heredadas en un mono (o en un humano) incluye algunas que están especialmente sintonizadas para aprender a responder a tales rasgos como el lenguaje y las caras, que son tan importantes para la vida social de un mono, o de un ser humano. Todos los animales que pueden aprender algo más allá de los reflejos condicionados más sencillos, tienen en sus cerebros increíbles números de células y conexiones. Aun cuando algunos de ellos estén prefijados para ayudar al aprendizaje en ciertas formas útiles, parece cierto que estas poblaciones van a evidenciar la variedad, y por lo tanto, la adaptabilidad que es tan valiosa y que la teoría de selección neuronal subraya.

Al decir del filósofo Daniel Dennett, la teoría de Edelman sería de tipo “centralista”, en contraste con las teorías “periferistas” del conductismo estímulo-respuesta. Tiene el enorme mérito, a mi juicio, de que trata y considera al organismo como un agente en desarrollo, con ciertas capacidades y tendencias internas a la auto-supervivencia, pero sin un controlador central. Cada criatura es, por lo tanto, única y adquiere sus características mediante la interacción con el ambiente. Por consiguiente, el desarrollo va a estar no tan sólo determinado por la genética, sino fundamentalmente por la experiencia.

A diferencia de las máquinas, es tal vez este fenómeno que llamamos la con-

ciencia del lenguaje, lo que nos distingue. Pero hay otras cosas que llaman la atención: la primera de ellas, es que cada ser humano es el producto de una historia larga y continua de cambios durante la evolución y en su propia vida, y esto es también algo que señala hacia lo peculiar de cada vida; nadie puede abstraerse de su propia historia. En cierto modo, la inervación, en el sentido utilizado por Freud, estaría aquí corroborada. Y en segundo lugar, cada ser humano hace gala de un conocimiento enormemente detallado del mundo, en todos sus aspectos. Y es precisamente en este conjunto de mapas donde la persona resuelve los problemas más vitales de su vida. Mientras más detalles y mientras más peculiares, mientras menos blancos y negros y, más matices, es que posiblemente la vida de los seres humanos en interacción con otros, será más fructífera.

Tal vez, incluso este bosquejo escauáldo puede dar alguna idea de la fuerza de esta teoría de la selección neuronal. Algunos filósofos objetaron que la teoría es vaga y no se ha demostrado; otros, que los datos son bien conocidos y las conclusiones obvias; pero nadie antes de Edelman había relacionado todos estos datos en forma tan convincente.

Creo que es inevitable tomar partido ante una teoría de esta envergadura, y también es peligroso. Recuerdo que durante mi internado en el Laboratorio de Investigaciones Pediátricas del Arriarán (Chile), Fernando Mönckeberg me pidió en una oportunidad que escribiese un artículo editorial para la *Revista de Pediatría* que versara sobre las enfermedades autoinmunes, tema novedoso y desconocido para la mayoría de entonces. Lo hice basándome precisamente en la teoría de selección clonal propuesta por Burnet. Lamentablemente, en esa oportunidad el asesor inmunológico de la revista, a la sazón profesor titular de bacteriolo-

gía en una de nuestras escuelas de medicina, opinó que esa teoría era una bobada que no merecía la pena ser considerada, ni siquiera como una reseña en esa revista. Seis meses después a Sir Macfarlane Burnet le conferían su premio Nobel.



### Lecturas recomendadas

Cerella, J., The pigeons analysis of pictures, *Pattern Recognition*, Vol. 12, 1980, pp. 1-6.

Edelman, G.M., *Neural Darwinism. The theory of neuronal group selection*, Basic Books, Inc. Publishers, New York, 1987.

Herrnstein, R.J., y Loveland, D., Complex visual concept in the pigeon. *Science*, Vol. 46, 1964, pp. 549-551.

Maturana, H.R. y Varela, G.F., *El árbol del conocimiento*, sexta edición, Editorial Universitaria, Santiago de Chile, 1990.

Merzenich, M.M. y cols., Somatosensory cortical map changes following digit amputation in adult monkeys, *Journal of Comparative Neurology*, Vol. 224, 1984, pp. 591-605.

Wall, P.D., The somatosensory system, En *Handbook of psychobiology*. Ed. Gazzaniga, M. y Blakemore, Academic Press, New York, 1975, pp. 373-392.

Zeki, S.M., The distribution of wavelength and orientation selective cells in different areas of monkey visual cortex, *Proceedings of the Royal Society, London*, Vol. 217, 1983, pp. 449-470.

# BREVE HISTORIA DE LA HERPETOLOGÍA EN MÉXICO<sup>1</sup>

Oscar Flores Villela

Museo de Zoología  
Facultad de Ciencias  
Universidad Nacional Autónoma de México

Una de las ramas de la zoología que más tradición ha tenido en el país es la herpetología, sus raíces llegan hasta el México pre-Cortesiano, aunque su desenvolvimiento fue raquítico e inconsistente hasta hace unos cuantos años: sólo tiene un punto brillante en su historia, éste corresponde a la segunda mitad del siglo XIX.

Si tomamos en cuenta las contribuciones extranjeras en este campo, resulta evidente que no son mexicanos los que han hecho progresar esta ciencia.

Existe un estudio previo hecho por Smith y Smith (1973, vii-xxxiii) que da un panorama general de la historia de la herpetología en México con base en las publicaciones en este campo desde el siglo XVII. Sin embargo, no hay un resumen de la evolución de esta disciplina en castellano<sup>2,3</sup>.

En el presente trabajo se analiza la historia de la herpetología con una visión diferente de la planteada por Smith y Smith (1973); además se agregan algunos datos que seguramente estuvieron fuera del alcance de estos autores.

Para una mejor comprensión del tema y con base en las aportaciones que ha habido a través del tiempo, se dividió la historia de la herpetología en tres grandes periodos que son:

I. Época pre-Cortesiana y Colonial, que tiene su base en el conocimiento indígena de la naturaleza (pre-Linneano).

II. Época de las grandes expediciones, que empieza durante el segundo

tercio del siglo XIX, para finalizar a mediados de este siglo. Se caracteriza por las contribuciones extranjeras (post-Linneano).

III. Época Moderna, que es en la que vivimos actualmente y se caracteriza por el interés que se ha despertado en el país por esta ciencia en los últimos años (post-Linneano).

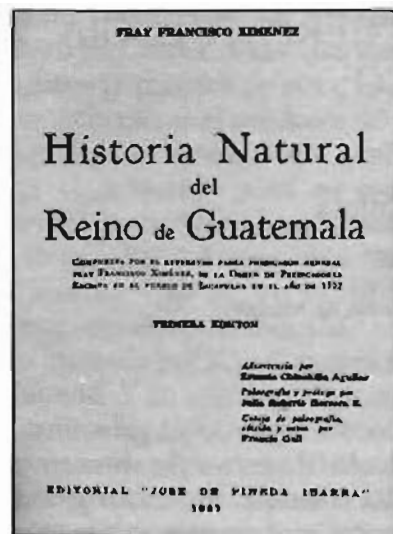
## Época pre-Cortesiana y Colonial

Muchas eran las culturas que habitaban en México poco antes de la llegada de los españoles; éstas habían alcanzado un desarrollo social y cultural muy particular, determinado en gran parte por sus vaivenes políticos y las constantes guerras. Entre todos los pueblos mesoamericanos, el azteca había logrado un gran desarrollo, constituyéndose en el centro militar, político y cultural de México. De las culturas mesoamericanas, ésta es la mejor conocida y sus territorios abarcaban la mitad sur de la República Mexicana<sup>4</sup>.

Puntualizando, se puede aseverar que los conocimientos empíricos, fruto de la interacción de los pueblos con su medio, los llevó a alcanzar un alto grado de desarrollo en la botánica y la zoología (entre otras ciencias), los cuales llegaron hasta nuestros días gracias a las obras de muchos historiadores y hombres de ciencia destacados que han dedicado parte de su tiempo a interpretar sus aportaciones.

Con referencia a los reptiles, Bernal Díaz del Castillo menciona en su

Portada de la obra de Fray Francisco Ximénez, *Historia Natural del Reino de Guatemala*, publicada por primera y única vez hasta 1967. Escrita originalmente en el siglo XVIII.



*Historia Verdadera de la Conquista de la Nueva España* lo siguiente: "... pues más tenían en aquella maldita casa muchas víboras y culebras emponzoñadas que traen en la cola uno que suena como cascabeles; éstas son las peores víboras que todas y teníanlas en unas tinajas y en cántaros grandes, y en ellas muchas plumas, y allí ponían sus huevos y criaban sus vibreznos..."<sup>55</sup>.

Pero los españoles sólo lograron interpretar, modificar y difundir los conocimientos indígenas hasta finalizada la guerra de conquista. Es en el periodo de la Colonia, cuando gracias a la obra de algunos frailes y en particular la de Francisco Hernández, se logró recopilar parte de la información que poseían los mexicanos acerca de la naturaleza y la medicina, básicamente.

En la fase inicial de la Colonia y en el Colegio de Santa Cruz de Tlatelolco, bajo la dirección de fray Bernardino de Sahagún, se inició una etapa brillante en el desarrollo científico de la Nueva España. Este fue un importante centro de educación y de investigación. Ahí Sahagún, junto con algunos informantes y alumnos, se dedicó, entre otras cosas, a escribir su obra, y a dirigir y corregir otra obra paralela que es conocida como el *Códice Florentino*, originalmente escrito en lengua náhuatl.

¿Cuáles son las aportaciones que hace Sahagún a la herpetología en su obra? En el libro undécimo *De las Propiedades de los Animales, Aves, Peces, Árboles, Hierbas, Flores, Metales y Piedras y de los Colores* en los capítulos III, IV y V, se habla de las propiedades y usos de varios anfibios y reptiles. Sahagún hace referencia a por lo menos cuarenta y siete tipos diferentes de herpetozoos, los cuales se pueden identificar de la siguiente forma: Anfibios Anuros, entre renacuajos y ranas adultas, siete diferentes; Urodelos, una especie (el ajolote mexicano); posiblemente un tipo de serpiente, la *Mitlapilcoatl*, pudiera ser una "Cecilia" (*Demorphis mexicanus*)<sup>6</sup>; Reptiles, dos tipos diferentes de tortuga y un tipo de cocodrilo que, de acuerdo a Martín del Campo (1938) puede representar dos especies; menciona cuatro tipos diferentes de lagartijas y, finalmente, cerca de treinta y dos tipos de serpientes; de éstas, tres tipos diferentes están bajo el nombre de *Mazacoatl*.

Desafortunadamente, en varios casos estas descripciones son exageradas y fantasiosas; sin embargo, algunas son suficientemente explícitas como para permitir la identificación de ciertas especies. De cualquier forma, aunque la obra de Sahagún no sea meramente científica, tiene el mérito de ser la primera referencia más o menos sistematizada del conocimiento de la naturaleza en el México antiguo.

Después de la obra de Sahagún podemos mencionar la monumental obra de Francisco Hernández, nombrado "Protomédico de las Indias" por el Rey Felipe II. Viene a América con la misión de informar de manera "detallada, completa y documentada de la medicina y sus elementos curativos en toda América"<sup>7</sup>. Pero su obra llegó más allá de tratar sólo aspectos médicos. Aparentemente, su trabajo se inició en marzo de 1571 y finalizó en marzo de 1574, partió para España en 1577, vie-

jo, enfermo y cansado, habiendo finalizado una obra harto fecunda en el campo científico.

La obra de Hernández, como podría resultar obvio, no es producto de una sola persona, como él mismo lo aclara, sino de un conjunto de colaboradores y ayudantes, la mayoría de ellos seguramente indígenas. Es probable que haya contado con la colaboración de los informantes de Sahagún, o tuvo acceso a la obra del fraile<sup>8,9,7</sup>. Más aún, Hernández pudo haberse relacionado estrechamente con médicos indígenas, intérpretes y otros entre los cuales destacan los recolectores de plantas y animales<sup>7</sup>.

Existe una gran diferencia entre las obras de Hernández y Sahagún. La de Hernández es una obra de carácter científico y sin duda alguna la primera Historia Natural en el Nuevo Mundo<sup>10,3</sup>. Más aún, constituyó la contribución de más importancia a la biología por parte de nuestro país en el siglo XVI<sup>10</sup>. Está constituida por treinta volúmenes, de los cuales por lo menos dieciséis son sobre historia natural<sup>7,39,11,8</sup>.

La obra zoológica de Hernández consta de cinco tratados:

- Tratado 1º *Historia de los Cuadrúpedos de Nueva España.*
- Tratado 2º *Historia de las Aves de Nueva España.*
- Tratado 3º *Historia de los Reptiles de Nueva España.*
- Tratado 4º *Historia de los Insectos de Nueva España.*
- Tratado 5º *Historia de los Animales Acuáticos de Nueva España.*

Hace referencia a los anfibios y reptiles en los Tratados 3º y 5º. Dugés (1889) hace al parecer, el primer intento para interpretar la obra de Hernández (incluyendo los cinco tratados) y asignarles nombre científico a las especies<sup>12</sup>. En el caso de los anfibios y reptiles sólo logra determinar veintinueve formas, aunque en total Hernández menciona setenta y un especies de estos dos grupos.

Posteriormente Smith (1969)<sup>13</sup> hace una identificación de los grupos de anfibios y reptiles de la forma siguiente:

-Anfibios: ranas, siete especies; salamandras, una especie; cecilias, una especie.

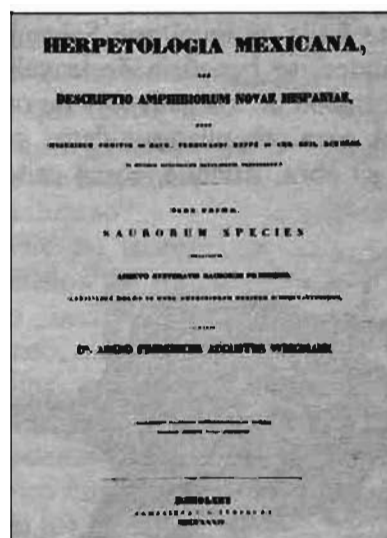
-Reptiles: cocodrilos, una especie; lagartijas, veintiséis especies; serpientes, treinta y un especies, y un anfisbénido.

-Además hay tres tipos de animales no identificados que pudieran ser serpientes, de acuerdo al texto.

Definitivamente, las obras de Sahagún y Hernández pueden ser consideradas como los primeros textos de Historia Natural de México<sup>14</sup>.

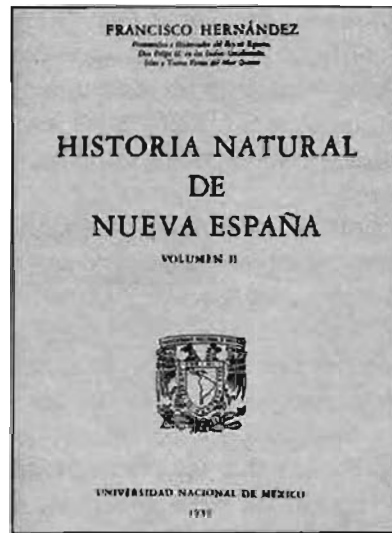
Entre las obras posteriores, merece especial mención la del veracruzano Francisco Javier Clavijero, que en su *Historia Antigua de México* hace un somero análisis de los animales de América. Aunque Clavijero era historiador, tenía amplios conocimientos de botánica y zoología<sup>8</sup>.

Esta parte de la historia de Clavijero es bastante somera y al parecer se basó en gran parte en la obra de Hernández (entre otros). Pero hay bastantes anotaciones con sus comentarios y experiencias y, en algunos casos da descripciones bastante detalladas de los organismos a los que se refiere. Cita de dos a seis tipos diferentes de ranas, una salamandra, por lo menos cin



Portada del trabajo de Wiegmann, *Herpetología Mexicana*, primer trabajo postlinneano sobre la fauna de anfibios y reptiles de México, publicado en 1834.

Portada de la edición facsimilar, publicada por la UNAM, de las obras completas de Francisco Hernández.



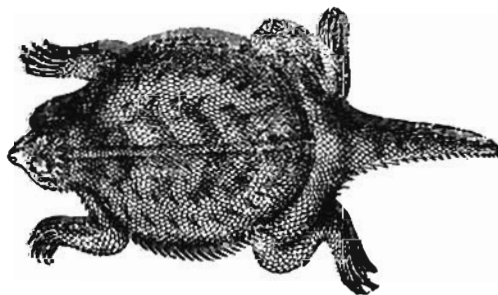
lagartijas y dieciséis serpientes. Éstos no han sido estudiados para asignarles nombre científico.

Aunque la obra de Clavijero no es de vital importancia para la historia de la herpetología, sus disertaciones sobre los animales son dignas de un estudio más detallado.

Algunos años antes de la obra de Clavijero, en Sacapulas, Guatemala, un fraile de la Orden de los Predicadores, escribió una obra intitulada *Historia natural del reino de Guatemala* (con relación al título de la obra, ver Herrera S., 1967, pp. 24-25, pues al parecer fue originalmente encontrada sin título)<sup>15</sup>. Este trabajo es de gran valor para la historia natural antigua de Guatemala y parte de aquel reino que hoy corresponde a México.

Este fraile, al igual que Sahagún y Hernández, se beneficia de la valiosa colaboración de los nativos y de otros medios para recopilar sus datos y escribir su obra. Aunque, como es lógi-

Ilustración del Tapayaxín en la obra de Francisco Hernández. Esta ilustración posiblemente se refiere al *Phrynosoma orbiculare*, el "camaileón".



co, tiene un matiz religioso, no por eso desmerece su valor y utilidad. Desafortunadamente permaneció inédita, pues fue hasta 1967 que se publicó la primera y única edición que existe. Consta de trece títulos que son los siguientes: I. *De Los Animales*; II. *De Las Culebras*; III. *De Las Aves*; IV. *De Las Abejas*; V. *De Las Hormigas*; VI. *De Los Montes*; VII. *De Las Aguas*; VIII. *De Los Peces*; IX. *De Las Sabandijas*; X. *De Los Árboles*; XI. *De Las Flores*; XII. *De Las Piedras* y XIII. *De Los Minerales*. En los títulos II y VIII se describen varios reptiles: cuatro tipos de lagartijas, diez tipos de serpientes, uno de cocodrilos y cuatro tipos de tortugas.

En las notas de esta obra se identifican algunas de las especies que menciona el autor, pero me parece necesaria una nueva revisión para actualizar los nombres científicos y corregir errores mínimos.

La segunda expedición científica que envió la Corona Española al Continente Americano fue la Real Expedición Botánica a la Nueva España. Ésta, a pesar de ser principalmente de carácter botánico, contó entre sus integrantes con la participación de José Longinos Martínez, naturalista de la expedición. Los materiales zoológicos que éste recolectó, supuestamente sirvieron para fundar un gabinete de historia natural en la ciudad de México<sup>16</sup>. Sin embargo estos materiales no sobrevivieron, aunque sí varias de las láminas que realizaron los dibujantes de la expedición. Esta colección consta de cerca de dos mil láminas, de éstas, doscientas pertenecen a animales, siete son de anfibios y reptiles, seis de los cuales pueden ser determinados como parte de la fauna de México. Las especies ilustradas en estas láminas fueron conocidas para los científicos de la expedición antes de que fueran formalmente descritas y que llegaran a los museos europeos.

Antes de finalizar esta primera eta-

pa de la historia de la herpetología, conviene mencionar a don José Antonio Alzate y Ramírez, brillante naturalista mexicano a quien, de acuerdo a Beltrán (1951), se le puede considerar como el fundador de la biología en México.

Este autor en sus trabajos en ciencias naturales publicó diversos aspectos de las ciencias y filosofía<sup>10</sup>. En particular en el campo de la herpetología no son muy grandes sus aportaciones. Hasta donde han llegado las investigaciones del autor, Alzate posee cinco trabajos que tienen que ver con la fauna de anfibios y reptiles mexicanos, de los cuales tres se relacionan con el ajolote mexicano (uno de ellos, según él, publicado por la Academia de Ciencias de París<sup>17</sup>) y los otros dos con reptiles, uno de éstos reimpresso en *La Naturaleza* en 1884 sobre los mal llamados "camaleones" y otro que quizá representa la primera referencia a *Amphisbenidos* que es un grupo muy raro de reptiles<sup>11</sup>. Aunque Alzate conoció la obra de Linneo, no utiliza la nomenclatura binomial para denominar las especies que utilizó en sus estudios de botánica y zoología.

### Época de las grandes expediciones y recolectas

Después de los once años que duró la guerra de Independencia, México se perfiló como una nación joven y progresista. En el año 1833, el gobierno de Valentín Gómez Farías planteaba puntos muy concretos para solucionar los principales problemas económicos, políticos y sociales del país. En cuanto a educación y ciencia, se establecía que se haría una "Mejora del estado moral de las clases populares por la destrucción del monopolio del clero en la educación pública, por la difusión de los medios de aprender y la inculcación de los deberes sociales, por la formación de museos, conservatorios de artes y bibliotecas públicas y por la creación

de establecimientos de enseñanza para la literatura clásica, de las ciencias y la moral"<sup>10</sup>.

Con base en estos postulados, se trató de dar impulso a las ciencias y a las artes, entre otras necesidades del país. Pero las fuertes presiones internas que se reflejaban en una inestabilidad política y las intervenciones directas de las potencias extranjeras frustraron estos propósitos.

Como hechos importantes se mencionan: la intervención norteamericana en 1847, la revolución de Ayutla que culminara en 1885; posteriormente la intervención francesa de 1862-67 y, finalmente, el establecimiento del gobierno republicano con Benito Juárez al frente.

Todos estos acontecimientos en el campo político iban a proporcionar el desarrollo de toda una corriente científica, principalmente de influencia alemana y francesa y, posteriormente, norteamericana e inglesa, cuyos fines principales eran el conocimiento de los recursos de México y el enriquecimiento de los museos existentes en aquellos países.

Las raíces de esta segunda etapa se encuentran en el siglo XVIII. En 1736 con la publicación de la primera edición del *Systema Naturae* de Carlos Linneo, culmina toda una revolución en la biología que poco a poco irá generalizándose hasta universalizarse<sup>18</sup>.

Fue tal la repercusión del trabajo hecho por Linneo, que desató una verdadera desbandada de recolectores y taxónomos cuya finalidad fue describir

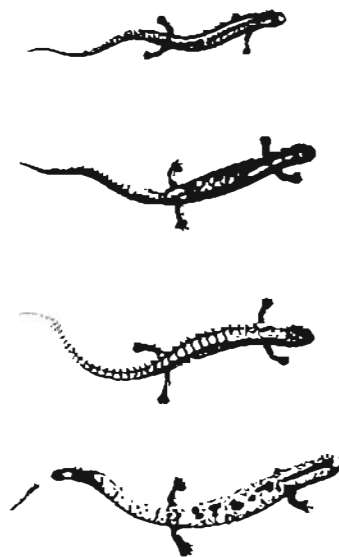


Lámina 75 de la *Biologia Centrali Americana*, ilustra algunas especies de salamandras de la familia Plethodontidae.

y ordenar a las plantas y los animales. Adler (1979) hace la siguiente aclaración: "En las décadas posteriores a Linneo hubo una agitada actividad para nominar y clasificar todos los animales y plantas de acuerdo con el sistema artificial propuesto por Linneo"<sup>19</sup> Las especies europeas pudieron ser sistematizadas, pero las americanas permanecieron por mucho tiempo desconocidas aun para los mejores naturalistas"<sup>19</sup>.

En la décima edición del trabajo de Linneo se consignan los nombres que pueden ser aplicados a especies habitantes de México, de las cuales en sólo una se dice explícitamente que vive en México (Nueva España). En la decimosegunda edición se agregan nueve nombres más a la lista, y en la decimotercera sólo uno más<sup>3</sup>.

Smith y Smith (1973) aseguran que la primera publicación referente a la herpetología de México publicada en el país es la de Ximénez en 1615 (que es un resumen de la obra de Hernández), y agregan que lamentablemente durante doscientos años el trabajo de Ximénez fue el único que apareció en este campo en México. Estos mismos autores consideran que el siguiente trabajo es una "nota muy breve casi incidental sobre el ajolote, publicada por Antonio Cal en 1832"<sup>3</sup>. Sin embargo como ya lo mencionamos, le anteceden la obra de Clavijero (1780-81) y las notas publicadas por Alzate en la *Gazeta de Literatura Mexicana* entre 1790 y 1792.

El primer trabajo post-Linneano de



Ilustración de la *Herpetología Mexicana* de Wiegmann. *Chamaeleopsis hernandesii* (*Corytophanes hernandesii*), especie dedicada a Hernández por Wiegmann.

relevancia sobre la herpetología de México es el de Wiegmann en 1834, intitulado *Herpetología mexicana*. En este trabajo se describen treinta y cinco especies de lagartijas y una de cocodrilos, de las cuales sólo cuatro son válidas en la actualidad<sup>20,3</sup>.

En general, el resto de la primera mitad del siglo XIX no es muy productiva en el campo de la herpetología, en contraste con la explosión que tendrá en la segunda mitad del mismo siglo bajo la influencia de la filosofía positivista.

En la segunda mitad del siglo XIX se fundan numerosas instituciones y sociedades científicas y de investigación. Entre las más importantes para nuestro estudio destacan: La Sociedad Científica Antonio Alzate, en 1884; la Fundación del Museo Nacional, decretada por Maximiliano en 1866; la Sociedad Mexicana de Historia Natural, en 1868 y la Comisión Geográfica Exploradora, en 1879, entre otras<sup>10,8,21</sup>. Estas sociedades generaron numerosas publicaciones, muchas de éstas muy importantes por sus contribuciones en herpetología. *La Naturaleza*, publicada en once tomos entre 1869 y 1914<sup>22</sup>, los *Anales*, del Museo Nacional, las *Memorias* de la Sociedad Científica Antonio Alzate, además hubo varias memorias sobre expediciones botánicas, geológicas y geográficas, así como varios libros de texto<sup>10</sup>. Pero no sólo los mexicanos intervienen en este proceso. Después de 1850, especialistas de museos norteamericanos e investigadores europeos (británicos, alemanes, franceses e italianos), se dedicaron a estudiar la herpetofauna de México. Esta asociación produjo gran cantidad de información de diversa índole. Algunos de estos trabajos todavía son esenciales para el estudio de la taxonomía de estos organismos<sup>3</sup>.

Con la intervención norteamericana (que finalizó en 1898), el gobierno de aquel país envió una comisión para investigar los nuevos límites con Méxi-

co haciendo numerosas colecciones que posteriormente fueron enviadas al recién fundado Instituto Smithsonian. La parte herpetológica de la expedición fue estudiada por Spencer F. Baird y sus resultados fueron publicados en 1859<sup>19,23</sup>.

Otro investigador norteamericano digno de mención es Edward Drinker Cope, quien estuvo asociado a la Academia de Ciencias Naturales de Filadelfia. Cope describió numerosas especies de anfibios y reptiles, desafortunadamente algunas de sus descripciones son erróneas y escuetas. No obstante, sus contribuciones son numerosas y muchas de ellas correctas y todavía útiles, destacan *América tropical* y el *Catálogo de batracios y reptiles de Centro América y México* publicado en 1887. Es conveniente mencionar que la Sociedad Americana de Ictiólogos y Herpetólogos, fundada en 1913, ha honrado a este investigador intituyendo su revista con el nombre de *Copeia*.

En 1855, llegó al país una expedición auspiciada por Saussure en la cual venía el zoólogo Francois Sumichrast, quien radicó en el estado de Veracruz y publicó varios trabajos sobre vertebrados de la República Mexicana, en particular aves y reptiles<sup>8</sup>.

Con la intervención francesa en México en 1863, llegó la *Mission Scientifique au Mexique et dans L'Amérique Centrale*, que entre los años de 1865 y 1866 recolectó material que fue enviado para ser estudiado por diferentes científicos<sup>8,24</sup>, cuyos resultados fueron publicados entre 1868 y 1909. La parte correspondiente a anfibios y reptiles está organizada de la siguiente forma: *Mission Scientifique au Mexique et dans L'Amérique Centrale. Études sur les Reptiles et les Batraciens*: Reptiles, 17 volúmenes publicados por Duméril, Bocourt y Mocquard, con un atlas de 191 láminas, 95 dibujadas por Bocourt. Anfibios, tres volúmenes publicados por Brochi<sup>23,3</sup>. Esta obra es



Axolotl de Harlan

de gran importancia todavía en el estudio de los anfibios y reptiles de México y Centroamérica.

Otra contribución muy importante, hecha por parte de los británicos, es el compendio conocido como *Biología Centrali-Americana*. Ésta fue el resultado de numerosas recolectas llevadas al cabo de 1879 en adelante. La obra fue el producto de la iniciativa de Frederick du Cane Godman y Osbert Salvin, quienes costearon las expediciones de forma privada. El séptimo volumen corresponde a los batracios y reptiles. Esta obra es de gran valía en el estudio de la fauna del sur de México, ya que incluye un análisis de distribución de la fauna por regiones. Fue publicada por Albert Günther, que en aquel tiempo era el curador de reptiles en el Museo Británico.

Mientras tanto, en la ciudad de México ya existían destacados hombres de ciencia que hacían contribuciones en varias disciplinas, pero sólo unos cuantos se pueden encontrar en el campo de la herpetología. Quizás entre todos estos, José María Velasco, el conocido paisajista mexicano, destacó por su trabajo con ajolotes<sup>25</sup> y Alfonso L. Herrera por sus monografías de los vertebrados del Valle de México. Este último publicó dos catálogos de la colección de reptiles y batracios del Museo Nacional, seguramente los primeros hechos sobre una colección herpetológica depositada en el país<sup>14,40</sup>.

Pero la explosión científica no sólo se dio en la capital, también en la pro-

vincia hubo muchos científicos que contribuyeron a esta corriente científica del siglo XIX. Entre éstos destaca por sus aportaciones en la herpetología el profesor Alfredo A. Delsescautz Dugès<sup>26</sup>.

Éste llega a México en 1853, proveniente de Francia, su país natal, y después de cierto tiempo se establece en Guanajuato, en cuya universidad funda la Cátedra de Historia Natural y posteriormente un gabinete de Historia Natural, que en nuestros días se ha convertido en un museo, el cual lleva su nombre<sup>27, 26</sup>. No obstante su origen francés, se le considera como científico mexicano, pues aquí pasó la mayor parte de su vida, desde que llegó de Francia hasta su muerte en 1910. De sus ciento ochenta y cuatro publicaciones conocidas, noventa y cuatro son relativas a la herpetología<sup>28</sup>. Seguramente su trabajo más importante es el publicado en 1869, *Reptiles y batracios de los Estados Unidos Mexicanos*. En este presenta una lista de catorce especies de tortugas, cuatro de cocodrilos, sesenta y uno de lagartijas, ciento tres de serpientes, doce de salamandras, veinticuatro de ranas y sapos y una de cecilia; indicando en todos los casos sus localidades, e incluyendo además un breve ensayo sobre la distribución general de las especies<sup>28, 19</sup>. Este trabajo constituye el más sobresaliente de la herpetología en México.

Por sus méritos se considera a Alfredo A. Delsescautz Dugès como el padre de la Herpetología Mexicana<sup>28, 29</sup>.

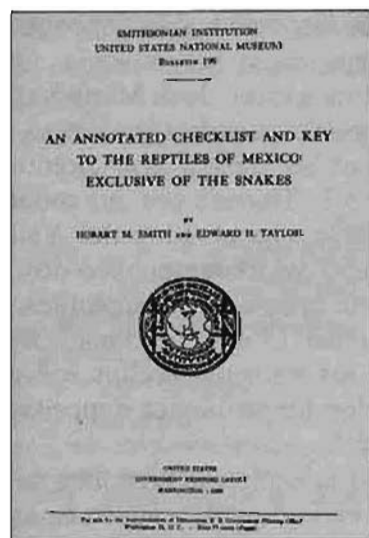
En 1910, en México, se inicia lo que hasta la fecha ha sido el último movimiento político armado de importancia nacional. La actividad científica durante la revolución se vió interrumpida y no es hasta que finaliza el movimiento armado que México comienza a reestablecer sus instituciones y/o crear otras para la investigación.

En el campo de las ciencias biológicas el acontecimiento más importante de la primera mitad de este siglo es, seguramente, la creación de la Dirección de Estudios Biológicos en 1915 y su posterior transformación en Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México en 1930<sup>30, 10</sup>. En la Dirección de Estudios Biológicos trabajó en el campo de la herpetología Carlos Cuesta Terrón y posteriormente Isaac Cansino Gómez. El primero publicó, entre 1920 y 1932, trece trabajos de ellos destacan los relativos a crotálicos; Cuesta Terrón fue el primero de los herpetólogos modernos en México. Cansino Gómez publicó cuatro trabajos entre 1925 y 1926, principalmente sobre anuros<sup>3</sup>.

Otros científicos que trabajaron en México a finales de la primera mitad de este siglo fueron: Manuel Maldonado Koerdell, Federico Mülleried y Rafael Martín del Campo, conocidos por sus trabajos sobre anfibiología, paleontología, e Historia de las Ciencias, respectivamente. El más activo de ellos fue Rafael Martín del Campo, quien estuvo asociado a la Facultad de Ciencias y al Instituto de Biología de la UNAM y publicó por lo menos veinticuatro trabajos relacionados con la herpetología<sup>3, 31</sup>.

Un investigador más que debe mencionarse es Martín de Lucenay quien trabajó en lo que hoy es el Departamento de Pesca, antes dependiente de la Secretaría de Marina. Este autor publicó varios trabajos sobre cocodrilos<sup>32</sup>.

Portada del trabajo de Smith y Taylor, publicado en 1945, sobre reptiles de México excluyendo a las serpientes.



Mientras tanto en los Estados Unidos, con la gran cantidad de material que había llegado a sus instituciones a través de las recolectas hechas desde la segunda mitad del siglo XIX hasta los años cuarenta, publicaron numerosas monografías y trabajos, lo que trajo como consecuencia un renacimiento de la herpetología mexicana<sup>3</sup>. Toda esta actividad le dio un giro muy importante a la herpetología ya que empezaron a gestarse especialistas, tanto a nivel de faunas regionales como a nivel de grupos taxonómicos.

En estos primeros cincuenta años del siglo XX se crearon también dos sociedades herpetológicas de importancia mundial, ambas con sede en los Estados Unidos. La primera, fundada en 1913, es la Sociedad Americana de ictiólogos y herpetólogos que publica la revista *Copeia* y la segunda, fundada en 1936, es la Liga de herpetólogos que publica la revista *Herpetológica*.

En el caso particular de México, la culminación y a la vez el final de esta segunda etapa se da entre los años 1945 y 1950 cuando, después de numerosos viajes y recolectas y de un exhaustivo trabajo de laboratorio, aparecen publicadas por Smith y Taylor, listas anotadas y claves de identificación para serpientes mexicanas (1945), para anfibios (1948) y para el resto de los reptiles (1950). Además de las claves de determinación, que llegan al nivel de especie y subespecie, se encuentra una relación de la distribución general de cada una de las especies, así como otros datos de interés taxonómico. Esta es la primera recopilación de las especies mexicanas de anfibios y reptiles después de Dugès en 1896, constituyendo el segundo catálogo completo de la herpetofauna de México.

### Época Moderna

Esta última etapa se caracteriza por el creciente interés que empiezan a presentar las instituciones por el fomento

de las ciencias. Beltrán (1951), al analizar las perspectivas de la biología a principios de la década de los años cincuenta, dice: "El escenario parece pues propicio para el desarrollo de una vigorosa biología mexicana, que sirva para aumentar nuestro dominio sobre la naturaleza, y sea también motivo para acrecentar nuestro prestigio en el extranjero". En verdad, la herpetología se vió vigorizada en los últimos años, en particular a partir de la década de los setenta.

En el estado de Chiapas, el profesor Miguel Álvarez del Toro, en su calidad de Director del Museo de Historia Natural, publicó desde 1952 varios artículos relacionados con la herpetofauna de aquel estado. Su obra culminó en el año de 1960 con la primera edición de *Los Reptiles de Chiapas*<sup>33</sup>, siendo éste uno de los trabajos regionales más importantes publicados por mexicanos a la par con los de Dugès en el siglo pasado, para el estado de Guanajuato. El segundo trabajo en importancia de este investigador es *Los Crocodylia de México*, publicado en 1974<sup>34</sup>.

Otros investigadores mexicanos, no menos distinguidos, completan esta lista: en la Escuela de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional, Ticul Álvarez ha hecho contribuciones importantes a la biología de los bipedos, así como a la osteología comparada y arqueozoología. Sus publicaciones rebasan la veintena y fue el primero en México en impartir un curso especializado en el área de la herpetología en el Instituto Politécnico Nacional<sup>35</sup>.

Hay por lo menos otras dieciocho instituciones que se pueden mencionar como centros herpetológicos potenciales, dado que en los últimos años se han fundado colecciones herpetológicas y hay actividad académica en torno a esta disciplina<sup>36</sup>. Las más sobresalientes son: Universidad Autónoma de Nuevo León, Universidad Autóno-

ma del Estado de Morelos, Laboratorio Natural Las Joyas, Universidad de Guadalajara y la Escuela de Biología de la Universidad Autónoma de Puebla. Una institución importante en el estudio de la herpetofauna de México es la Secretaría de Pesca, con René Márquez al frente de un equipo de biólogos que trabajan básicamente en tortugas marinas y que han hecho contribuciones importantes a la protección de estas especies.

La institución de investigación que es sin duda el principal centro herpetológico de la nación, es la Universidad Nacional Autónoma de México, en donde actualmente se está trabajando en diversos aspectos de la biología de los reptiles y anfibios de México en el Instituto de Biología, la Facultad de Ciencias, el Centro de Ecología y la ENEP Iztacala. En estas tres dependencias existen colecciones herpetológicas, las más grandes e importantes son las del Instituto de Biología y las de la Facultad de Ciencias junto con las del IPN.

Finalmente, como parte de todo este desarrollo de la herpetología, no se puede omitir la obra monumental del Dr. Hobart Smith y de su esposa Rozella Smith<sup>37</sup>, quienes en la Universidad de Colorado han recopilado durante los últimos cuarenta años la serie *Synopsis of the Herpetofauna of Mexico*, que ha llegado a su volumen número VI, obra de la que no se puede prescindir en el estudio de los anfibios y reptiles de México.

En México, en las instituciones mencionadas anteriormente, se están realizando investigaciones principalmente de ecología e historia natural, reproducción y faunística entre otras<sup>38</sup>. Después de varios años preparativos y de intenso trabajo se creó en 1988 la Sociedad Herpetológica Mexicana. Esta publica un boletín bianual, tiene una membresía de aproximadamente ciento treinta profesionales, estudiantes y aficionados mexicanos y estadounidenses,

principalmente. La creación de esta sociedad es un signo de la madurez y consolidación de la herpetología de México.

### Agradecimientos

El autor desea agradecer a las personas que le han prestado ayuda: por varias informaciones proporcionadas se agradece a Enrique Beltrán, Rafael Martín del Campo, Jorge Llorente y Armando Luis Martínez. Por la revisión del manuscrito a Adolfo Navarro, Louis G. Guillette Jr. Al señor Jerry McKennan por su ayuda en la búsqueda de material bibliográfico y a las autoridades del Carnegie Museum of Natural History, en especial a C. J. McCoy por su ayuda. Agradezco especialmente a la señora Ludmila Erickson por mecanografiar este trabajo.

### Notas y bibliografía

<sup>1</sup> Este trabajo resume la información que el autor ha recopilado para un trabajo mayor sobre la herpetología en México.

<sup>2</sup> Smith, H. M., The first herpetology of Mexico, *Herpetology III* (1), 1969, pp. 1-16.

<sup>3</sup> Smith, M., Smith, R.B., *Synopsis of the herpetofauna of Mexico. V. II. Analysis of the literature exclusive of the Mexican axolotl*, Eric Lundberg, West Virginia, 1973, p. 367.

<sup>4</sup> Carrasco, P., La sociedad mexicana antes de la conquista, En *Historia General de México*, El Colegio de México, México, 1981, pp. 165-288.

<sup>5</sup> Díaz del Castillo, B., *Historia verdadera de la conquista de la Nueva España*, Fernández Editorial, México, 1955, p. 730.

<sup>6</sup> Martín del Campo, R., Ensayo de interpretación del libro undécimo de la Historia de Sahagún, *Anales del Instituto de Biología*, Vol. XIX, 1938, pp. 379-391.

<sup>7</sup> Somolinos-D'ardois, G., *Vida y obra de Francisco Hernández*, Obras completas. T. I. UNAM, México, 1960, pp. 97-482.

<sup>8</sup> Beltrán, E., El panorama de la biología mexicana, *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, Vol. XII (1-4), 1951, pp. 69-99.

<sup>9</sup> Martín del Campo, R., Herpetología mexicana antigua. I - Las serpientes y el

hombre. *Anales del Instituto de Biología, serie de zoolo-gí.*, Vol 50, 1979, pp. 651-644.

<sup>10</sup>Gortari, E., *La ciencia en la Historia de México*, Grijalbo, México, 1980, p. 446.

<sup>11</sup>Smith, H.M., *Publications dates of 'La Naturaleza'*, *Lloydia*, 5, 1942, pp. 95-96.

<sup>12</sup>Dugès, A. A. D., Francisco Hernández. *La Naturaleza*, Vol 1, 1889, pp. 282-288.

<sup>13</sup>De acuerdo a lo que menciona Smith (1969), en la mayoría de los setenta y un tipos de organismos. gracias a las descripciones y a las ilustraciones, se puede determinar hasta el género, sin embargo puede haber un gran margen de error en éstas. Otras descripciones son completamente ficticias lo cual hace imposible su determinación.

<sup>14</sup>Flores Villela, O. A., *Reptiles de importancia económica en México*, tesis profesional, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 1978, p. 278.

<sup>15</sup>Herrera-S., J. S., Prólogo, en Ximénez, *Historia Natural del Reino de Guatemala*, Soc. Geog. Hist. Guan., editorial José de Pineda Ibarra, Guatemala, 1967, pp. 11-36.

<sup>16</sup>Beltrán, E., Las reales expediciones botánicas del siglo XVIII a Hispano América, *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, Vol. 28, 1967, pp. 179-249.

<sup>17</sup>He revisado esta publicación sin encontrar dicho trabajo.

<sup>18</sup>La primera edición consta sólo de unas páginas, la décima, publicada en 1758, se toma como pauta a seguir para considerar los nombres científicos de los organismos, especialmente los zoológicos (Singer 1945, 1962; Mieli, 1951 y Gardner, 1972).

<sup>19</sup>Adler, K. A., Brief History of Herpetology in North America before 1900, *Soc. Stud. Amph. and Rep. Herp.*, No. (8), 1979, p. 40.

<sup>20</sup>Taylor, E.H., Wiegmann and the herpetology of Mexico, *Soc. Stud. Amph. Rep.*, Facsimile Rep. in *Herp.* (23); C.A.F.F. Wiegmann, *Herpetología Mexicana*, 1969, pp. iii-vi.

<sup>21</sup>Sáenz de la Calzada, C., Comisión geográfica explorador, *Anales de la Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y la Tecnología*, No. 1, 1969, pp. 49-62.

<sup>22</sup>Para ver fechas correctas de publicación de esta revista e índice clasificado, consultar Smith, 1942 y Beltrán, 1948, respectivamente.

<sup>23</sup>Porter, K. R., *Herpetology*, Saunders, Philadelphia, 1972, pp. 1-16.

<sup>24</sup>Kellogg, R., Mexican tailless amphibians in the United States National Museum. *Bull. S. S. Natu. Mus.*, (160), 1932, pp. 1-15.

<sup>25</sup>Kranz, F. M., Smith, H.M., Smith R.B., Velasco on the natural history of the ambyosomatid salamanders of the valley of Mexico, *Herpetology*, Vol. 5, 1971, pp. 1-26.

<sup>26</sup>Martín del Campo, R., Contribuciones para la historia de las ciencias biológicas de México II, Alfredo Augusto Delsescoutz Dugès, ensayo biográfico, *Anales del Instituto de Biología*, Vol. VII, 1937, pp. 437-455.

<sup>27</sup>Arellano, M., El Museo "Alfredo Dugès" de la Universidad de Guanajuato, *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, Vol. XIII (1-4), 1952, pp. 271-281.

<sup>28</sup>Smith, H.M., Smith, R.B., *Early foundations of mexican herpetology, an annotated and indexed bibliography of the herpetological publications of Alfredo Dugès, 1826-1910*, University of Illinois Press, Urbana, Illinois, 1969, p. 85.

<sup>29</sup>Smith, H. M., Reese, R. W., The second century of Alfredo Dugès, father of mexican herpetology, *Herpetology Review*, Vol. 1, 1969, pp. 5-7.

<sup>30</sup>Beltrán, E., La Dirección de Estudios Biológicos de la Secretaría de Fomento y el Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México. *Anales de la Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y Tecnología*, No. 1, 1969, pp. 105-135.

<sup>31</sup>Casas Andreu, G., In Memoriam, Rafael Martín del Campo y Sánchez, *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana*, Vol. 1, 1989, pp. 6-9.

<sup>32</sup>Smith, H.M., Smith, R.B., *Synopsis of the herpetofauna of Mexico. V. II. Source Analysis and index for mexican reptiles*, John Johnson, North Bennington, Vermont, 1976.

<sup>33</sup>Se han publicado tres ediciones a la fecha.

<sup>34</sup>Ver Smith y Smith, 1973, p. 3 y Smith y Smith, 1976, p. 3. (Apéndice).

<sup>35</sup>Flores Villela, O., Smith, H. M., (en prensa), Las contribuciones herpetológicas de Ticul Alvarez Solórzano, Polaco y Arroyo, *Libro homenaje a Ticul Alvarez*, INH, manuscrito. México, p. 47

<sup>36</sup>Flores Villela, O., y Hernández, J. A., Las colecciones herpetológicas mexicanas, Publicaciones. Museo de Zoolo-gía. (4). (en prensa) 1992, pp. 1-24.

<sup>37</sup>Recientemente fallecida.

<sup>38</sup>Uribe Peña, Z., Flores Villela, O., Primer informe del Comité Herpetológico Nacional, *Boletín de la Sociedad de Herpetología Mexicana*, Vol. 1, 1989, pp. 21-26.

<sup>39</sup>Ochoterena, I., Contribuciones para la historia de las ciencias biológicas en México, I. Doctor Francisco Hernández, *Anales del Instituto de Biología*, Vol. VIII, 1937, pp. 419-435.

<sup>40</sup>Flores Villela, O., Hernández Garcia, E. y Nieto Montes de Oca, A., *Catálogo de anfibios y reptiles. Serie Catálogos del Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera"* No. 3, Cord. Serv. Edit. Facultad de Ciencias, UNAM, México, 1991, p. 222.



*Hiciste bien en morirte, tía Chofi*

Jaime Sabines

## EL SELECCIONES Y LA MUERTE

Marcos Winocur

Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades  
Universidad Autónoma de Puebla

### ¿Cuándo morimos?

*Calaveras elegantes  
son todos los magistrados,  
los médicos y abogados,  
y también los estudiantes;  
también son los practicantes  
del hospital y enfermeros,  
y los jueces más severos  
que fallan sin compasión;  
que sean los carceleros  
calaveras del montón*

Copla popular mexicana

No todos aceptan de buen grado su puesto en el desfile de las calaveras, que, al decir de la copla popular, no respeta jerarquías. Ni siquiera se dejan convencer de que hicieron bien en morir. Hay quienes, convencidos de que hicieron mal en morir, pues ... regresan del otro mundo.

¿Cuándo morimos? Tradicionalmente se asocia, incluso para la medicina, al último respiro o al último latido del corazón. Estudios y experiencias recientes han demostrado que esto no es así de simple. Puede el corazón volver a echar a andar y recobrase la respiración. La muerte clínica se sitúa actualmente en el cerebro. Si éste se ha colapsado, aun cuando se recuperen las funciones de otros órganos, la persona puede pasar a un estado vegetativo, equiparable a la muerte misma.

En rigor, no hay más que eso: un desplazamiento clínico del concepto de muerte. No obstante, se ha querido ver algo más, como si hubiera dos muertes. De una de ellas se vuelve narrando lo ocurrido en los umbrales de la otra. Es así como el tema ha sido abordado con insistencia por diversos órganos pe-

riodísticos, entre ellos, *Selecciones del Reader's Digest*.

Esta revista, editada mensualmente, tiene considerable valor en tanto fuente. Difícilmente se encuentra un puesto de periódicos que no la tenga en venta, testimonio de sus veintiocho millones de ejemplares colocados en ciento sesenta y tres países y destinados a ser leídos en diecisiete idiomas. En cuanto a difusión, *Selecciones* está a la cabeza de publicaciones occidentales de las llamadas revista-libro.

Como se sabe, la versión original se hace con base en recopilar y condensar artículos aparecidos en otros órganos, sin excluir colaboraciones propias. Una primera selección abarca la totalidad de las publicaciones de interés medio editadas en los Estados Unidos. Una segunda selección se hace en función de los lectores de habla hispana. Así los asiduos lectores de *Selecciones* se sienten en un plano de superioridad respecto del común de lectores de revistas de actualidad, viéndose a sí mismos como más cultos.

### Yendo y viniendo del más allá

*Todo cuanto nace merece perecer*

Mefistófeles, en el *Fausto* de Goethe

Otra condición que hace apta la revista como fuente, es su larga data de publicación ininterrumpida en español: cincuenta años cumplidos en 1989. Es posible recorrer retrospectivamente la colección y advertir las alternativas en el tratamiento de una misma cuestión, según tiempo y circunstancias fueron variando.

Lo que sigue es, pues, un recorrido a lo largo de artículos donde el tema de la muerte, tan viejo en la preocupación del hombre como el hombre mismo, ha sido abordado por la revista. El periodo cubre treinta y dos años (1950-1982).

• No. 1, abril 1950. "La tranquilidad de la muerte". Lejos de ser un acontecimiento terrible y doloroso, los últimos momentos son de paz y tranquilidad, cuando no de éxtasis. Es el testimonio de quienes fueron revividos después de ahogados. "El enfermo quizá oiga el repique de campanas que no existen o vea ráfagas de luces que carecen igualmente de realidad. [...] Igual que el sueño constituye alivio para el diario torbellino, la muerte significa descanso para la dura lucha del vivir. Generalmente es bondadosa y bienvenida."<sup>1</sup>

• No. 2, julio 1955. "«Muerta»... durante 50 minutos". Descripción pormenorizada de una intervención quirúrgica al corazón, como la aventura de salvar una vida: paro cardíaco, oxígeno, sangre, adrenalina, masaje... se suceden bajo el quirófano como secuencias de un *film*. La paciente, saliendo de la anestesia: "¡Qué maravilloso sueño he tenido!" Pero nunca volvió a recordar ese sueño. Los cirujanos: "El corazón de la paciente se detuvo durante cincuenta minutos"<sup>2</sup>.

• No. 3, agosto 1966. "Corazones que no tienen por qué morir". RCPE (reanimación cardíaco-pulmonar externa) es un procedimiento médico ideado en 1960 para "devolver la vida a corazones que han dejado de latir", cuyos resultados son positivos, conforme casos y estadísticas que se citan en apoyo.

"Cuando el corazón se detiene, el organismo no muere inmediatamente [...] durante un breve tiempo el cuerpo «muerto» puede ser como un automóvil con el motor ahogado."<sup>3</sup>

• No. 4, agosto 1969. "¿Cuándo se produce la muerte?" Actualmente los médicos se han visto obligados a buscar una redefinición de la muerte. ¿Cuál es el nuevo criterio? La muerte cerebral<sup>4</sup>.

• No. 5, enero 1975. "Mori a las 10:52 de la mañana". Aquí se trata del relato de lo que una persona "sintió" en el momento de la muerte y su atisbo de «la otra realidad» del más allá, [...] "cuando abandoné mi cuerpo [...] me acercaba velozmente a una red de luminosidad indescriptible. [...] En el momento de establecer contacto con ella, aumentó su vibrante resplandor hasta alcanzar una intensidad cegadora que simultáneamente me vació, me absorbió y me transformó. [...] más allá del tiempo y del espacio."<sup>5</sup>

• No. 6, noviembre 1977. "Vida después de la vida. Testimonios de «resucitados»". El autor, Raymond Moody reuniendo testimonios recogidos como médico, sintetiza que al paciente "se le aparece un alma amorosa y efusiva: un ser de luz. Éste le pide, aunque no verbalmente, que evalúe su vida y le ayuda reconstruyéndole por un instante los acontecimientos más significativos de su existencia". La comunicación es directa, a nivel mental e interrogativa. "¿Estás preparado para morir? ¿Qué has hecho de tu vida que me puedas mostrar? ¿Qué has hecho de tu vida que sea suficiente?" Luego el paciente, "en algún momento se acerca a una especie de barrera que, al parecer, representa el límite entre la vida terrenal y la otra. Sin embargo, comprende que debe regresar a la Tierra..." El autor concluye: "dejemos abierta la posibilidad de encontramos ante un fenómeno original."<sup>6</sup>

• No. 7, junio 1978. "Reflexiones de la vida después de la vida". Del mismo



autor, complementario del anterior, aportando nuevos casos y dando respuesta a observaciones de orden teológico<sup>7</sup>.

Las pautas de comparación entre los diversos artículos son claras. De un tono humano (No. 1) o técnico (Nos. 3 y 4) se pasa a un enfoque centrado en los encuentros en el más allá (Nos. 5, 6 y 7). La transición está operada en 1955 (No. 2) a través de un artículo que contiene elementos dispares, insinuando, sin explicitar, la tesis del más allá. Esta es recién retomada francamente en 1975.

En 1950 (No. 1) la cuestión no residía tanto en esperar al lector en la otra vida, sino en reiterar una tradicional resignación: no se sufre en la carne ni psicológicamente se padece angustia al momento de la muerte. Por lo demás, repique de campanas o ráfagas de luces que entonces puedan percibirse, carecen de realidad. En 1975-1978 (Nos. 5, 6 y 7) se sostiene lo contrario: la luminosidad, real y tangible es la evidencia del más allá y de un ser acogedor.

En 1955 (No. 2) se trata para el "resucitado" de un sugestivo sueño, pero sueño al fin, imposible de recordar: todavía no están las cosas como para testimoniar sobre el más allá. Veinte años después (Nos. 5, 6 y 7) el momento es llegado: no se trata de un sueño, sino de una realidad, cuyo relato se hace precisamente en función de recordar la experiencia vivida o, si se prefiere, trasvivida.

En 1966 (No. 3) la preocupación es volver el cuerpo a la vida y de la técnica para tal recuperación. En 1969 (No. 4) la preocupación es redefinir el concepto de muerte que, a la luz de los aportes de la ciencia, de cardíaco-respiratoria pasa a cerebral. En 1975-1978 (Nos. 5, 6 y 7) se replantea el tema insinuado en 1955 (No. 2) y se lo lleva a sus últimas consecuencias. La preocupación es francamente el otro mundo: se abandona el cuerpo para entrar en diálogo inmaterial con un ser de luz. La

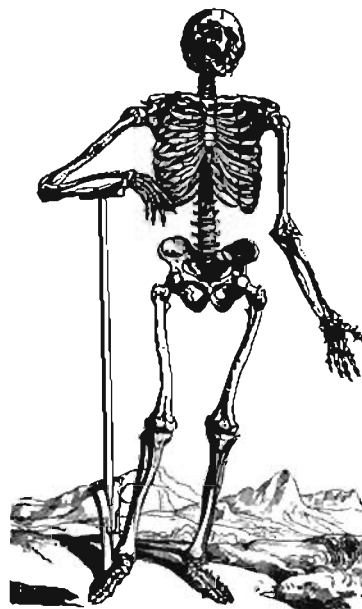
aventura deja de pasar en el más acá de un quirófano (No. 2) y se traslada al más allá.

¿Qué ha ocurrido? ¿Por qué, entre los cincuenta y setenta ese cambio radical en el tratamiento del tema de la muerte? No es aventurado sostener la existencia de una extrapolación ideológica y que ésta se vale de subrayar unilateralmente algunos hechos. ¿Cuáles son esos hechos? Los testimonios de "resucitados".

Coinciden en sus versiones, según recopilación efectuada por Raymond Moody (hijo). Incluidas las ya extractadas de artículos citados de *Selecciones*, las referencias comunes que se encuentran en los testimonios de "resucitados" son las siguientes: el declarado muerto por los médicos se siente despegado de su cuerpo, comienza a transitar a lo largo de un túnel oscuro; advierte al término una luz incomparable en su intensidad, hacia la cual se siente irresistiblemente atraído; de ella surge la invitación a reflexionar sobre su pasado; así, acontecimientos de una vida son rememorados en un instante; a punto de trasponer la barrera del más allá, el declarado muerto es advertido que aún no ha llegado la hora; "resucita" y, de regreso a su cuerpo, abre los ojos.

Conviene indicar aquí que los testimonios son recogidos a raíz de un hecho que le es anterior: el desarrollo de las técnicas de reanimación. Ya en los años cincuenta, época de que data el primer artículo de *Selecciones*, recogiendo testimonios, pero sin sacar entonces las conclusiones de Raymond Moody, trabajaba en la materia otro médico norteamericano, Elizabeth Kübler-Ross<sup>8</sup>.

No obstante, el co-



mienzo de las modernas técnicas de reanimación debe localizarse en otro país y en manos de otro médico: Vladymir Negovsky. Desde los treinta trabajaba al frente de un equipo y, según cable de la agencia de noticias *Associated Press*, “es reconocido mundialmente como precursor de la nueva especialidad de la reanimación”. El mismo cable agrega: “su laboratorio se ha convertido en un centro de atracción para médicos de otros países dedicados a su especialidad.”<sup>9</sup> Sus oficinas, donde el científico fuera entrevistado por *Associated Press*, se encontraban a poca distancia de la Plaza Roja de Moscú.

Vladymir Negovsky y otros científicos de diferentes nacionalidades y formación, no creen que los testimonios de los “resucitados” traduzcan una realidad. Su posición coincide con la contenida en el artículo No. 1 de *Selecciones*, publicado en 1950: “El enfermo quizá oiga el repique de campanas que no existen o ve ráfagas de luces que carecen igualmente de realidad...” Posición ésta que años después fue abandonada por *Selecciones* cuando advirtiera la posibilidad de réditos paramísticos.

En otras palabras, se trata de sensaciones que no se corresponden con el mundo exterior. ¿De dónde proviene el estímulo? De un cerebro severamente agredido, sujeto a la falta de oxígeno, a causa de paro cardíaco o respiratorio; la sangre no es bombeada y, en consecuencia, no hay transporte para el oxígeno, o bien éste no arriba en cantidad suficiente al cerebro. De ese hecho resulta su funcionamiento anómalo e ideaciones igualmente anómalas: sensaciones cuyas lecturas lumínicas o sonoras no se corresponden con el mundo exterior.

Piense el lector; un golpe en la cabeza o en la frente y “ve las estrellas”. Pero ¿ve realmente las estrellas? No, es un decir, inspirado en el hecho de que ese golpe actúa de estímulo sobre ciertas zonas del cerebro, estímulo inme-

diatamente impreso en dolor y estrellas: luces intermitentes o titilantes.

También está hace tiempo reconocido por la ciencia que, al excitarse la parte occipital del cerebro, aparecen en el campo visual figuras luminosas en movimiento y que, si se influye en los lóbulos temporales de la corteza, se experimentan alucinaciones auditivas, tales como voces, música, ruidos, zumbidos, etcétera.

La circunstancia del testimonio de los “resucitados” no tiene así nada de extraño. Que coincidan en general tampoco significa gran cosa: los “resucitados”, víctimas todos de falta de oxigenación cerebral, no pueden sino experimentar idénticos síntomas. La *personificación* de tales síntomas -un ser de luz cuyo pensamiento se comunica, etcétera- corre por cuenta del fondo místico: la imagen del ser superior en el cual el hombre cree y en cuyo seno espera ser acogido tras la muerte.

El testimonio de “resucitados” da por reales las alucinaciones visuales y auditivas. No se regresa de los umbrales del más allá, sino algo mucho más simple: el cerebro es reanimado antes de sufrir daño irreversible.

No hay dos muertes. No se muere con el último latido del corazón ni con el último respiro, sino en el instante de colapso del cerebro cuando éste ha sufrido lesión irreversible.

### **Las cosas de la tierra y las cosas del cielo**

*Lo sobrenatural es lo natural  
aún desconocido*

Balzac

La medicina hace su aporte. Precisa el concepto de muerte y lanza nuevas técnicas de reanimación que salvan vidas y son ocasión de paramisticismo: confusión entre “muerte vieja y muerte nueva”, confusión entre alucinación y realidad, ocasión para servirse del milena-

rio fondo dualista del hombre. Vida después de la vida. Ninguna novedad, hace miles de años se viene predicando: sólo que esta vez la aseveración es colocada en boca de la ciencia.

La opinión médica se inclina por la muerte cerebral como acto único. Es un criterio al cual no escapa el mismo *Selecciones*.

La junta de colegios médicos ingleses ha tenido cuidado en subrayar que la muerte única cerebral no va en detrimento del creyente: "No es de ninguna manera difícil ni ilógico -escriben- equiparar el cese permanente e irreversible de las funciones cerebrales, con el concepto de muchas religiones sobre el momento en que el alma abandona el cuerpo." <sup>10</sup>

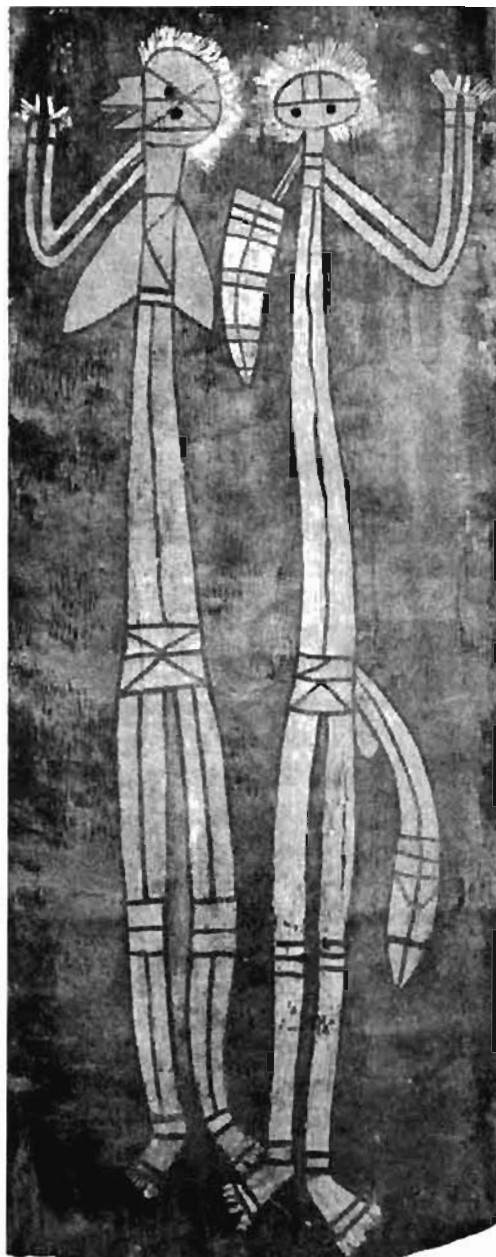
De modo que tal vez la campaña de *Selecciones*, llevada a lo largo de varios años sea, en definitiva, un errado intento de defensa del dualismo. Ello no le quita, desde luego, valor como exponente de las aventuras y desventuras de lo mágico reincursionando en medicina, o, si se prefiere, como variante de paramisticismo bajo forma de vida después de la vida. Como se recordará, el *slogan* da título a los libros de Raymond Moody, que motivaron dos artículos de *Selecciones* (6 y 7).

Otro libro sobre el mismo tema, cuyo autor, Maurice Rawlings -también médico norteamericano- ha motivado las versiones filmica y televisiva<sup>11</sup>. Esta última, proyectada en la pantalla bajo el título de "Regreso del más allá", pregunta insistentemente, por voz de un relator, hacia dónde marcha esa entidad alma-conciencia-energía luego de la muerte. ¿Al cielo? ¿Hacia otra dimensión? ¿Hacia el encuentro con Dios? La respuesta queda pendiente, mientras sobre la pantalla se proyectan figuras dobles caminando por la calle.

Naturalmente, una revista con un potencial tan alto de lectores está obligada en alguna medida al eclecticismo. No faltará el artículo que cuestione ciertas vertientes del paramisticismo, ni

tampoco algún otro de tono neutro, limitándose a proporcionar información científica sin extrapolación ideológica. Pero, en conjunto, el registro de *Selecciones* es definitivo: apertura hacia el paramisticismo, *in crescendo* al promediar los setenta, y que reflota en los ochenta. Así, a los siete artículos reseñados, agregamos ahora un octavo.

• No. 8, junio 1982. "Vida después de la vida, más evidencias". Reiteración de argumentos y casos clínicos similares a los presentados en anteriores artículos, con un apartado que pro-



Los mimis son los espíritus de los aborígenes australianos. Sólo los niños pueden verlos a veces, ya que los mimis temen a los adultos.

longa el debate: “«Contestando a los escépticos»”<sup>12</sup>.

La tendencia general de la historia exige, conforme avanzan los tiempos, más y más claridad en la conciencia transformadora de la sociedad, de la cual la ciencia forma parte. El paramisticismo en y desde la ciencia no aporta nada, salvo confusión. Y de ello rinde testimonio la insistencia de *Selecciones* en el tema de la vida después de la vida.

Quienes, como la tía Chofi del poeta, no acaban de convencerse que hicieron bien en morirse, regresan del más allá a contarnos... lo que ya les habían enseñado en el más acá.

### El hombre de blanco

Y sin embargo, estamos tentados a absolver finalmente a *Selecciones* porque fue capaz -lateralmente, en una de sus secciones de miscelánea- de demostrar *esprit* burlándose de posiciones que hizo suyas.

• No. 9, junio 1986. “El monitor confirmó el paro cardíaco en el anciano que de pronto había perdido el conocimiento. Después de unos veinte segundos tratando de reanimarlo, volvió en sí. Al explicarle que su corazón se había detenido momentáneamente, le pregunté si recordaba algo extraordinario durante ese tiempo.

-Vi una luz brillante -contestó- y, frente a mí, un hombre vestido de blanco.

Para ahondar en sus impresiones ante la cercanía de la muerte, le pregunté si podría describir la figura.

-Claro que sí, doctor; era usted.”<sup>13</sup>

Hasta aquí *Selecciones*. Pero la cuestión, lejos de estar zanjada, se renueva en la cinematografía, la bibliografía y la prensa. Revistas tan conocidas y de difusión internacional como *Life* en 1992<sup>14</sup> y *Le Nouvel Observateur* en 1990<sup>15</sup> se han ocupado ampliamente del tema. Claro, la crónica tiende a la prudencia y la conclusión no es afirmar que ha quedado probada la existencia del más allá,

sino la necesidad de explorar esa zona crepuscular de los ahora llamados *Near-Death Studies* en el marco de la tanatología.

En suma, el corrimiento del concepto de muerte clínica del corazón al cerebro reveló algo nuevo: luego del último latido contamos con varios minutos que, en ciertos casos, son decisivos. Y no morir da lugar aquí a un doble sentido: para la ciencia, *reanimación*, para un cierto paramisticismo, *resurrección*.

### Referencias

<sup>1</sup> Ratcliff, J.D., “La tranquilidad de la muerte”, *Selecciones*, Tomo 19, No. 113, La Habana, abril 1950, pp. 40-42. Condensado de *Liberty*, USA.

<sup>2</sup> Hoehling, A.A., “«Muerta»... durante 50 minutos”, *Selecciones*, Tomo 30, No. 176, La Habana, julio 1955, pp. 17-20 Condensado de *McCall's*, USA.

<sup>3</sup> Deutsch, R. y Deutsch, P., “Corazones que no tienen porqué morir”, *Selecciones*, Tomo 52, No. 309, Buenos Aires, agosto 1966, pp. 67-70. Condensado de *The Modern Hospital*, USA.

<sup>4</sup> Stevens, L., “¿Cuándo se produce la muerte?”, *Selecciones*, Tomo 58, No. 345, Buenos Aires, agosto 1969, pp. 57-62.

<sup>5</sup> Solow, V., “Morí a las 10:52 de la mañana”, *Selecciones*, Tomo 9, No. 48, México, enero 1975, pp. 75-79.

<sup>6</sup> Moody, R., (hijo), “Vida después de la vida”, *Selecciones*, Tomo 14 No. 82, México, noviembre 1977, pp. 147-174. Condensado de libro.

<sup>7</sup> Moody, R., (hijo), “Reflexiones de la vida después de la vida”, *Selecciones*, Tomo 15, No. 89, México, junio 1978, pp. 109-112. Condensado de libro.

<sup>8</sup> Kübler-Ross, E., *Sobre la muerte y los moribundos*, Grijalbo, Barcelona, 1975 (ed. original, 1969).

<sup>9</sup> *Nuevas técnicas de 'reanimación'*, Associated Press, 8 agosto 1979.

<sup>10</sup> *Diagnóstico de la muerte*, Associated Press, febrero 1979.

<sup>11</sup> Rawlings, M., “Más allá de las puertas de la muerte...”, *Libra*, México, 1980. Versión cinematográfica: “Vida después de la vida”, director James Conway, USA, 1978.

<sup>12</sup> O’Roar, M.A., “Vida después de la vida, más evidencias”, *Selecciones*, Tomo 8, No. 499, México, junio 1982, pp. 65-69.

<sup>13</sup> “Gajes del oficio”, *Selecciones*, Tomo 91, No. 547, p. 96, del doctor Robert Goldweber, en *Medical Economics*.

<sup>14</sup> Klinkenborg, V., “At the Edge of Eternity”, *Life*, USA, marzo 1992, pp. 65-7.

<sup>15</sup> Jean-Paul, M., “Enquête aux frontières de la mort”, *Le Nouvel Observateur*, No. 140, París, del 12 al 18 de julio de 1990, pp. 4-12.

## LA HERENCIA EXTRACROMOSÓMICA EN LAS BACTERIAS

Beatriz Eugenia Baca

Ygnacio Martínez Laguna

Candelario Vázquez Cruz

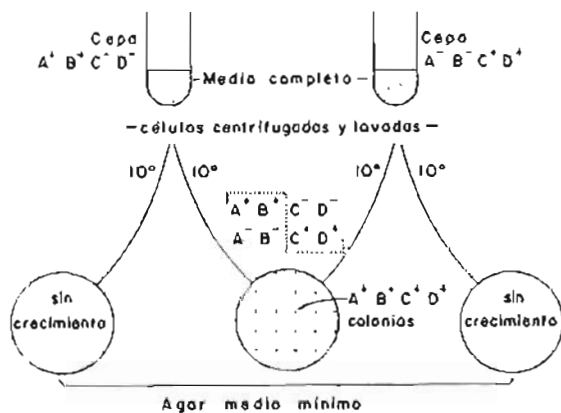
Centro de Investigaciones Microbiológicas  
Instituto de Ciencias  
Universidad Autónoma de Puebla

En 1949 Joshua Lederberg y Edward L. Tatum, descubrieron que la bacteria del intestino *Escherichia coli*, presenta un fenómeno de intercambio de material genético al cual llamaron conjugación bacteriana. Para ello usaron dos mutantes que no crecían en un medio de cultivo "mínimo", ya que cada una de ellas era incapaz de producir dos diferentes aminoácidos. Sin embargo, cuando se sembraban juntas, algunas células descendientes de las originales crecían, siempre y cuando las cepas mutantes originales hubieran estado en contacto celular (véase figura 1). Este proceso se explicó a través de la transferencia de material genético de una bacteria donadora a otra receptora; esta última al recibir el ácido desoxirribonu-

cleico (DNA) lo incorporaba en su genoma heredándolo establemente a las células hijas. A este proceso se le denominó recombinación genética por conjugación bacteriana. No todas las células de *E. coli* podían realizar el proceso. La característica de bacteria donadora se explicó por la presencia de un material genético adicional del cromosoma bacteriano, que se denominó factor "F" por transferir "fertilidad", ya que únicamente las bacterias poseedoras del mismo podían realizar este proceso específico, de recombinación genética<sup>5,6</sup>. Por estos descubrimientos Lederberg y Tatum recibieron el Premio Nobel de Fisiología y Medicina en 1958.

La presencia de este DNA adicional en *E. coli*, fue evidenciada por técnicas de separación de material biológico; una de ellas denominada centrifugación en gradiente de densidad al equilibrio, en la cual las moléculas se separan de acuerdo con su densidad. Para ello, un extracto libre de células se coloca en una solución con un gradiente de densidad, y se centrifuga a alta velocidad; esto hace que las moléculas emigren en la solución hasta que el medio que las rodea sea de la misma densidad que la molécula. De esta forma se separó el DNA cromosómico del factor F. Posteriormente por microscopía electrónica, se estudiaron tanto el DNA cromosómico, como el del factor F. Actualmente contamos con una técnica sencilla para detectar este material genético: la electroforesis en geles de agarosa. Esta

FIGURA 1



Representación esquemática del experimento de Lederberg y Tatum (1949). Las mutantes fueron cultivadas en un medio que incluía los factores requeridos para su crecimiento A, B, C, y D; para determinar la frecuencia de reversión, se desarrollaron en un medio mínimo al que le faltaban estos factores.

técnica se basa en el hecho de que las moléculas como el DNA tienen, en ciertas condiciones, una carga eléctrica. Esto determina que al aplicar corriente eléctrica, las moléculas de DNA migren hacia el polo positivo, separándose de acuerdo con su masa molecular. Con esta técnica es posible separar el DNA cromosómico del extracromosómico, debido a que el primero es de mayor tamaño. Una vez separadas estas moléculas se tiñe el gel con un colorante que se intercala entre las bases del DNA; cuando se aplica luz ultravioleta el colorante fluoresce mostrando la presencia del DNA. De esta manera es posible visualizar el DNA extracromosómico presente en la célula bacteriana. Este material genético adicional recibió posteriormente el nombre de plásmido.

Se ha caracterizado a los plásmidos como moléculas de DNA bacteriano de doble cadena, circular, covalentemente cerrado (CCC), aunque en algunas especies se han encontrado como DNA lineal. Constituyen a veces sólo una pequeña parte del genoma celular (1%), aunque en otros casos llegan a representar hasta un 30% y determinan ras-

gos accesorios, pero importantes no codificados usualmente por el cromosoma bacteriano. Se consideran endosimbiontes (partículas simbióticas), ya que no presentan una etapa extracelular, portan la información para el control de la duplicación de su DNA, y son heredados como unidades genéticas, físicamente independientes del cromosoma bacteriano. Su replicación desde el punto de vista bioquímico depende de la maquinaria proteica codificada por el hospedero. A menudo la célula se beneficia de un aporte de funciones genéticas adaptativas, como la resistencia a muchos tóxicos, cualidad que permite a la célula bacteriana desarrollarse en un medio adverso. En algunos casos estas funciones están implicadas en la generación de enfermedades infecciosas en el hombre, animales y plantas; permiten que la célula hospedera se nutra a partir de sustancias complejas, al codificar para la maquinaria enzimática adecuada para degradarlas. En la tabla I se anotan algunas de las funciones que son codificadas por los plásmidos.

Cuando se describió por vez primera la presencia de este DNA extracromosómico se pensó que sólo algunos géneros bacterianos los contenían. Sin embargo, hasta ahora se han encontrado en todos los tipos de bacterias, archibacterias y cianobacterias en que se han buscado. Se sabe también que una misma bacteria puede ser portadora de varios plásmidos y cada plásmido puede albergar una o varias copias.

### Funciones codificadas por plásmidos

Una de las funciones que ha sido más estudiada y diseminada entre las diferentes especies de bacterias, es la resistencia que pre-

**TABLA I**  
Algunas funciones codificadas por plásmidos

Función	Microorganismo
Fertilidad	<i>Escherichia coli</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i>
Transferencia de material genético.	<i>Streptomyces</i>
Resistencia a los antibióticos.	Muy diseminada
Resistencia a metales pesados: Hg, Cr, Pb.	Muy diseminada
Producción de bacteriocinas.	Muy diseminada
Producción de enterotoxinas.	<i>Escherichia coli</i> <i>Yersinia</i> <i>Staphylococcus aureus</i>
Degradación de hidrocarburos antraceno, xileno, tolueno.	Varias especies del género <i>Pseudomonas</i> .
Fijación biológica de nitrógeno	<i>Rhizobium</i>
Tumorigénesis en plantas	<i>Agrobacterium tumefaciens</i> <i>Pseudomonas savastanoi</i>

sentan los microorganismos a la acción de los antimicrobianos. En 1952, Watanabe y colaboradores aislaron de pacientes con disentería bacilar, una cepa de *Shigella dysenteriae* multirresistente a los antibióticos de elección, para el tratamiento de esta infección (ampicilina, cloranfenicol y estreptomycin). Esta multirresistencia resultó ser transferible por conjugación a *E. coli*; lo cual sugería que estaba codificada por un plásmido presente en *Shigella dysenteriae*. A partir de este hallazgo se ha detectado en cepas de origen clínico la presencia de plásmidos, a los cuales se les ha dado el nombre de plásmidos R, por conferir resistencia a los antibióticos.

Esta transferencia ha sido encontrada en bacterias de la misma especie y género, aunque también en microorganismos de géneros diferentes. Este es un claro ejemplo de diseminación de información genética horizontal.

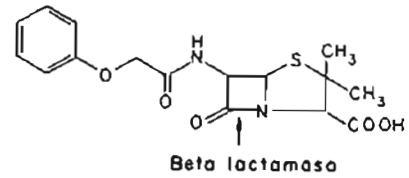
Los plásmidos R pueden codificar para la resistencia a un grupo de antibióticos, ya tengan éstos estructuras químicas similares o diferentes, esto sugiere la presencia de varios mecanismos de inactivación del antibiótico. Por ejemplo el caso de los beta-lactámicos, penicilinas y cefalosporinas, la resistencia bacteriana a estos antibióticos es mediada por una enzima, que es capaz de hidrolizar el anillo beta-lactámico inactivando la molécula. La información para la síntesis de esta enzima llamada beta lactamasa, es portada en plásmidos. En relación a los aminoglucósidos (estreptomycin, kanamicina, gentamicina, amikacina, etcétera), la inactivación del antibiótico involucra a tres tipos diferentes de modificación enzimática: acetiltransferasa (introduce un grupo acetilo a la molécula de antibiótico), fosforilasa (inserta un grupo fosfato), y nucleotidil-transferasa (transfiere un grupo nucleotídico al antibiótico). Actualmente se han caracterizado también varias enzimas (alrededor de doce), que actúan sobre grupos hidroxilo y/o amino que forman parte de los amino-

glucósidos (véase figura 2). La información para la biosíntesis de estas enzimas es igualmente codificada por plásmidos. Otros ejemplos de modificación enzimática se relacionan con la resistencia al cloranfenicol y al trimetoprim. Las cepas aisladas de pacientes con infección intrahospitalaria, resistentes a varios antibióticos a la vez, ha significado un serio problema ya que limita al médico, en la

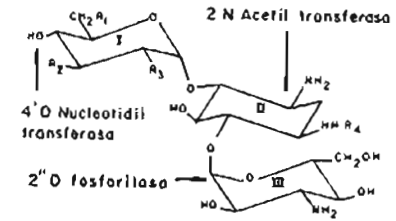
elección del antibiótico adecuado para el tratamiento de la infección. Con el uso masivo e indiscriminado de los antibióticos se han seleccionado cepas multirresistentes con una frecuencia cada vez mayor. La resistencia bacteriana ha demostrado ser transferible por conjugación, en el laboratorio *in vitro*, así como también *in vivo*, en la piel y líquidos biológicos como la orina y pus<sup>2</sup>.

El estudio de los plásmidos en bacterias, ha contribuido a profundizar nuestro conocimiento acerca de los mecanismos de patogenicidad y virulencia de los microorganismos. *E. coli*, *Shigella* y *Yersinia*, son bacterias causantes de infecciones diarreicas. Se ha estimado que *E. coli* enterotoxigénica (ETEC) es responsable de alrededor de seiscientos millones de casos de infecciones diarreicas anualmente en el mundo, con setecientas mil muertes en niños menores de 5 años de edad<sup>3</sup>. ETEC secreta dos enterotoxinas que producen la secreción de iones y agua a la luz intestinal, conduciendo a la diarrea por secreción de líquidos. Estas toxinas denominadas LT por termolábil y ST por ter-

FIGURA 2



Estructura de la penicilina y sitio de inactivación por beta-lactamasa.



Estructura de la kanamicina; ésta es inactivada por acetilación del grupo amino (2N), por una acetiltransferasa, fosforilación del grupo 2'' OH, por una fosforilasa y adenilación del 4' OH por una nucleotidil transferasa.

moestable, son moléculas de naturaleza proteica, cuyo mecanismo de acción es a través de la activación de la adenilato ciclasa y de la guanilato ciclasa respectivamente. La información para la síntesis y secreción de ambas toxinas está codificada por plásmidos llamados ENT. Estudios realizados en nuestro laboratorio, en cepas aisladas de niños con diarrea han mostrado la presencia de plásmidos que codifican para la producción de la toxina ST y para la resistencia a varios antibióticos<sup>1</sup>.

Otro tipo de *E. coli* diarreogénica, la *E. coli* enteroinvasiva (EIEC), es una bacteria invasiva. EIEC causa una disentería bacilar semejante a la producida por las especies de *Shigella*. Al igual que estas últimas, la EIEC invade el epitelio intestinal y se multiplica intracelularmente. Los microorganismos son localizados en la lámina propia. El fenotipo invasivo de las especies de *Shigella* y EIEC es dependiente de una región de 37 kb (kilopares de bases), localizada en un plásmido de 120-140 MDa, llamado invasivo pINV<sup>8</sup>. Los estudios hechos en *Shigella* han demostrado que dentro de esta región son necesarios varios sitios para la invasión; estos incluyen un grupo de genes denominados *ipa*, (*invasion protein antigen*) los cuales codifican para varias proteínas asociadas a la membrana externa del microorganismo, que están implicadas en las interacciones célula hospedera-microorganismo. La penetración a la mucosa intestinal es necesaria para que las especies de *Shigella* y EIEC desencadenen el proceso morbido; la penetración a la mucosa epitelial se ha identificado como un mecanismo de virulencia<sup>4</sup>.

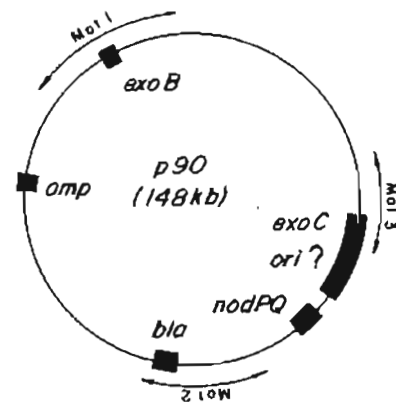
En bacterias cuyo *habitat* natural es el suelo, también se han descrito plásmidos, relacionados con la interacción microorganismo-planta. El ejemplo más estudiado por su importancia en la agricultura, es el de la simbiosis *Rhizobium*-leguminosa<sup>9</sup>.

*Rhizobium* es un microorganismo

fijador de nitrógeno, es decir, contiene la información genética para biosintetizar la enzima nitrogenasa, enzima que cataliza la transformación del nitrógeno molecular en amoníaco, el cual a través de una serie de reacciones, puede ser asimilado por la planta para su nutrición. Para que esto suceda, la bacteria debe infectar a la planta hospedera en la raíz y formar unas estructuras diferenciadas llamadas nódulos. Las bacterias reciben de la planta el carbono y la energía necesarias para la fijación de nitrógeno, a cambio de ello la bacteria le proporciona nitrógeno en forma de nutrientes que son asimilados posteriormente por la planta. Los genes responsables de este proceso se denominan *nif* por fijación de nitrógeno, y son los genes responsables de la síntesis de la nitrogenasa y su regulación<sup>9</sup>; además están los genes *nod*, responsables del proceso de inducción de la formación del nódulo. Estos genes están localizados en plásmidos.

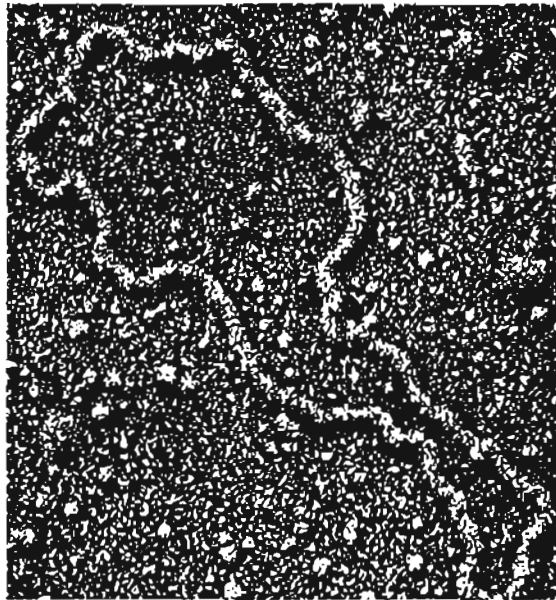
Otro género bacteriano que en los

FIGURA 3



Carta física del plásmido presente en la cepa de *Azospirillum brasilense* Sp7 p90Rhico. En ella se localizaron los siguientes loci genéticos: *nodPQ*, es el locus implicado en la síntesis de una molécula señal; *bla*, determina la síntesis de la beta-lactamasa tipo R-TEM; *Ap*, es un segundo gene que confiere resistencia a la ampicilina; *exoB* y *exoC*, son los loci que funcionalmente complementan las mutaciones en la síntesis del exopolisacárido; *ori*, es necesario para mantener el plásmido como un replícón independiente; *mot1*, *mot2*, *mot3*, están involucrados en la producción de flagelos.

últimos años ha captado la atención de muchos científicos a nivel internacional, es *Azospirillum*. Este microorganismo también fijador de nitrógeno, productor de fitohormonas, se ha aislado en estrecha asociación con raíces de plantas gramíneas de interés agronómico, como maíz, trigo, caña de azúcar y pastos forrajeros. Cuando este microorganismo se inocula a la planta, promueve el desarrollo del sistema de la raíz, aumento de los pelos radiculares y de la incorporación de agua y minerales, proporcionando un mejor estado nutritivo en la planta hospedera. El efecto benéfico se ha atribuido a la producción de fitohormonas como la auxina ácido indol acético (AIA) por el microorganismo. Al igual que otras bacterias del suelo, *Azospirillum* contiene plásmidos de alto peso molecular. En varias cepas se ha encontrado que presentan plásmidos de varios cientos de MDa, lo que indicaría un importante potencial genético adicional. Uno de estos plásmidos, aislado en una cepa de *Azospirillum brasilense* ha sido estudiado a nivel molecular; en la Figura 3 se muestra su carta física<sup>7</sup>. En él se han localizado regiones asociadas con la interacción microorganismo-planta, como son los genes responsables de la síntesis de un exopolisacárido de la pared celular de *Azospirillum*, implicado en la adherencia de la bacteria a las raíces. Genes involucrados en la producción de una molécula señal relacionada con el establecimiento de la bacteria en las raíces; y genes responsables de la biosíntesis de los flagelos, que le permiten moverse y dirigirse hacia las raíces de la planta. Todas las cepas de *Azospirillum* aisladas hasta el momento, han mostrado ser resistentes a las penicilinas y cefalosporinas. Esta resistencia es mediada por enzimas beta-lactamasas<sup>7</sup>, cuya síntesis es codificada por este plásmido, el cual muestra una amplia distribución, ya que se ha detectado en varias cepas de *Azospirillum brasilense*, aisladas en Senegal, Brasil, Francia y tam-

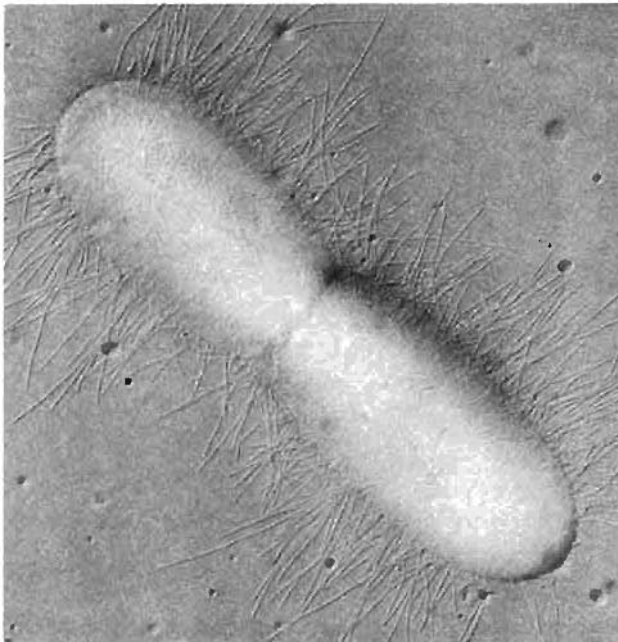


Micrografía electrónica del plásmido de *Escherichia coli*.

bién en México.

Muchos géneros producen antibióticos de naturaleza proteica, que inhiben el desarrollo de géneros relacionados, pero que son inactivos contra las cepas que los producen. Estas moléculas denominadas bacteriocinas son codificadas por plásmidos y han sido descritas en cepas de *Azospirillum brasilense*<sup>10</sup>. Estudios preliminares en nuestro laboratorio sugieren la presencia de plásmidos bacteriocinogénicos en esta especie<sup>11</sup>. Este es un importante mecanismo de antagonismo que se gesta entre bacterias, en un sistema ecológico tan competitivo como es la rizósfera (suelo que rodea las raíces de la planta). Aquellos microorganismos que sintetizan bacteriocinas contarán con una ventaja selectiva que les permita sobrevivir y colonizar la raíz. El análisis de las funciones codificadas por plásmidos en bacterias aisladas del suelo, tiene y tendrá cada vez más una utilización práctica mayor, ya que permitirá su empleo como fertilizantes biológicos en la agricultura, con ventajas en relación a los fertilizantes químicos, debido a que los primeros no contaminan, son más baratos y más fáciles de obtener.

Los estudios básicos de la estructura y función de los plásmidos han contri-



Micrografía electrónica de la bacteria *Escherichia coli*

buido en el diseño de los vehículos de clonación, herramienta fundamental para el desarrollo de la ingeniería genética. Un vehículo de clonación es un plásmido R pequeño, los determinantes de resistencia, usualmente dos, permiten la fácil detección de la bacteria que lo contiene. Estos plásmidos son de fácil manipulación en el laboratorio; uno de los que más se emplea para clonar el DNA, es el diseñado por Bolívar y colaboradores, el plásmido pBR322, que confiere la resistencia a la ampicilina y tetraciclina, con varios sitios únicos para corte con endonucleasas de restricción; enzimas que cortan el DNA en sitios específicos, localizados precisamente en los genes que median la resistencia, de tal manera que al cortar con la enzima de restricción, el plásmido se lineariza, pudiendo ligarlo con otro DNA que haya sido cortado con la misma enzima. Este plásmido llega a tener hasta cien copias de él mismo en la célula, lo que permite la amplificación del DNA clonado.

Como puede verse, el avance de la biología molecular de los plásmidos abre múltiples perspectivas que permitirán su adecuada utilización en áreas tan

importantes como la medicina, y la agricultura.

## Bibliografía

<sup>1</sup>Baca, B.E., Martínez Laguna, Y., Arenas Hernández, M.M.P. y Vázquez Fernández, B.A., Características de transferencia y estabilidad de los plásmidos presentes en cepas de *E. coli* enterotoxigénica, *Revista Latinoamericana de Microbiología*, Vol. 32, 1990, pp. 57-63.

<sup>2</sup>Guiney, D. G., Promiscuous transfer of drug resistance in Gram-negative bacteria, *Journal Infectious Diseases*, Vol. 149, 1984, pp. 320-329.

<sup>3</sup>Institute of Medicine 1986, New vaccine development: establishing priorities, en *Diseases of importance in developing countries*, National Academic Press, Vol. II, Washington D.C. 1986, pp. 159-169.

<sup>4</sup>Larry, T., Genetic basis of virulence in *Shigella* species, *Microbiological Reviews*, Vol. 55, 1991, pp. 206-224.

<sup>5</sup>Lederberg, J., Bacterial variation, *Annual Review of Microbiology*, Vol. 3, 1949, pp. 1-22.

<sup>6</sup>Lederberg, J., Genetic recombination in bacteria: a discovery account, *Annual Review of Genetics*, Vol. 21, 1987, pp. 23-46.

<sup>7</sup>Onyeocha, I., Vieille, C., Zimmer, W., Baca, B.E., Palacios, R., Flores, M. y Elmerich, C., Physical map and properties of a 90 MDa plasmid of *Azospirillum brasilense* Sp7, *Plasmid*, Vol. 23, 1991, pp. 169-182.

<sup>8</sup>Small, P. L. C. y Falkow, S., Identification of regions on a 230-kilobase plasmid from enteroinvasive *Escherichia coli* that are required for entry into HEP-2 cells, *Infection and Immunity*, Vol. 56, 1988, pp. 225-229.

<sup>9</sup>Stacey, G., Burris, R. H., y Evans, H.J., *Biological Nitrogen Fixation*, New York, 1992.

<sup>10</sup>Tapia Hernández, A.R., Mascarúa Esparza, M.A. y Caballero-Mellado, J., Production of bacteriocins and siderophore-like activity by *Azospirillum brasilense*, *Microbios*, Vol. 64, 1990, pp. 73-83.

<sup>11</sup>Vázquez Cruz, C., Tapia Hernández, A.R., Mascarúa-Esparza, M.A., Caballero-Mellado, J. y Baca, B.E., Plasmid profile modification after elimination of bacteriocin activity in *Azospirillum brasilense* strains, *Microbios*, Vol. 69, 1992, pp. 195-204.

## LA MICROSCOPIA CONFOCAL

Enrique Soto Eguibar

Centro de Ciencias Fisiológicas  
Instituto de Ciencias  
Universidad Autónoma de Puebla

Desde la antigüedad se conocían las propiedades de aumento de las lentes de cristal y, en el siglo XIII, la lupa era comúnmente usada por relojeros, joyeros y mercaderes de tejidos. Las primeras lentes que fueron sistemáticamente utilizadas para la observación microscópica en biología fueron las pulidas por Antony Van Leeuwenhoek (1632-1723), quien en el siglo XVII, desarrolló una especial habilidad para pulir lentes de la mejor calidad. Leeuwenhoek estudió todo tipo de muestras, usando para sus observaciones lentes simples -pulidas en la forma que tienen actualmente las lupas- y montadas en engarzaduras de oro y plata. Con estos instrumentos Leeuwenhoek descubrió los glóbulos de la sangre, diversos protozoarios y las bacterias.

El microscopio compuesto está constituido por varias lentes que permiten corregir aberraciones de tipo cromático y esférico y fue inventado unos años antes (entre 1591 y 1608) por el holandés Zacharias Jensen. Este tipo de microscopios tenía una lente objetivo convexa y un ocular cóncavo. Posteriormente Johannes Kepler diseñó un microscopio compuesto en que ambos, el objetivo y el ocular, eran convexos. Este es el prototipo de los microscopios actuales (véase la figura 1).

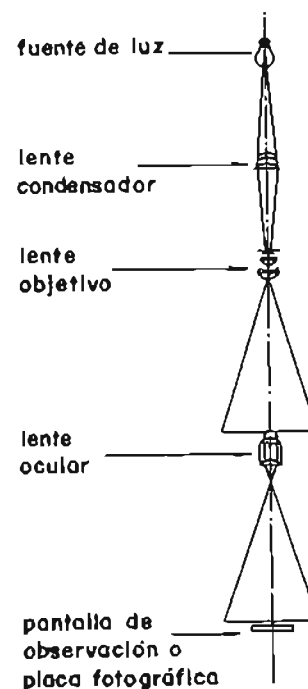
El uso del microscopio, ya fuera éste simple o compuesto, permitió que científicos excepcionales como Robert Hooke (1635-1713), Marcello Malpighi (1628-1694) y Leeuwenhoek reconocieran y establecieran la importancia de estudiar la organización microscópica de los seres vivos. Este nuevo enfoque, el análisis de la estructura de los

seres vivos, es, aún en la actualidad, un tema de intenso trabajo científico que está lejos de ser completamente resuelto.

Los avances posteriores en la construcción de microscopios se han basado en el perfeccionamiento de la óptica y la iluminación, sin modificarse en su esencia los principios básicos de operación de este magnífico instrumento.

Desafortunadamente, la observación de seres vivos ha estado limitada porque éstos tienen grosores variables y transmiten y reflejan la luz de manera no uniforme. Las áreas fuera del plano focal degradan la imagen haciéndola borrosa, disminuyendo el contraste y la resolución, dificultando así la observación de las estructuras que componen un espécimen. Este efecto que aquí denominamos como de velo, o borrosidad, es especialmente notable en los especímenes vivos, en los que no se tiene control sobre el grosor de la muestra. Desde el siglo pasado, este problema se ha resuelto fijando y cortando los tejidos en rebanadas muy delgadas (hasta de 0.5 micras). Esto elimina, en su

FIGURA 1



Los microscopios que usan dos o más sistemas de lentes son llamados microscopios compuestos. Estos son los que ordinariamente se encuentran en los laboratorios. La lente que se encuentra más cercana al espécimen se denomina objetivo; tiene una distancia focal corta y forma una imagen real y aumentada, que es el objeto del segundo sistema de lentes, denominado ocular. El condensador tiene la función de concentrar la luz sobre el espécimen.

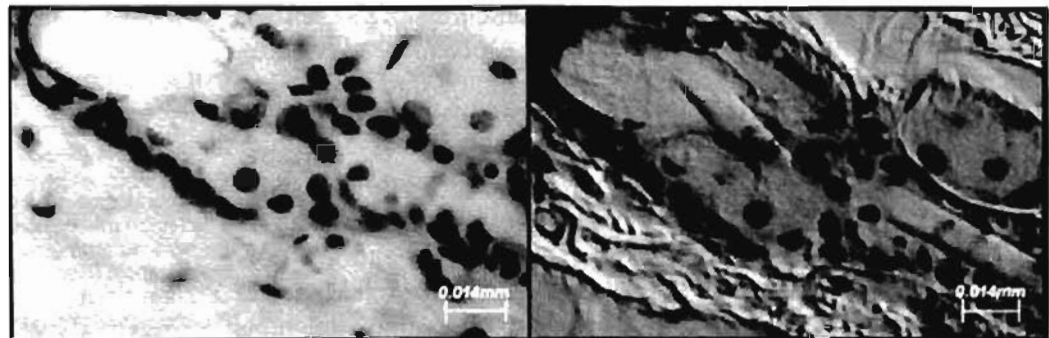
mayoría, la distorsión debida a las regiones que se encuentran fuera del plano focal del lente y pueden obtenerse imágenes de muy alta resolución. Sin embargo, este procedimiento de fijación y corte implica a su vez la destrucción de los tejidos. El problema en general fue claramente descrito por el mismísimo Don Santiago Ramón y Cajal, quien refiriéndose a la calidad de las imágenes que obtenía con la microfotografía escribió: “[...] no ha sido posible para nosotros contravenir las inexorables leyes de la óptica. Es bien conocido que cuando una sección es gruesa (40  $\mu\text{m}$  o más) y contiene células dispuestas en varios planos y orientadas de diversas maneras, poco se puede lograr tratando de enfocar un grupo de células; las imágenes de aquellas que se encuentran por arriba o por abajo y que están fuera de foco, proyectan sombras que disturban la pureza y claridad de la imagen.”

Para contrarrestar parte de las limitantes en la observación de especímenes vivos, en el año 1935, Fritz Zernike desarrolló el microscopio de contraste de fases, razón por la cual le fue otorgado el Premio Nobel de Física en 1953. Los detalles de un objeto en el microscopio óptico estándar se ven debido a que los especímenes tienen partes de diferente densidad; por lo tanto, muestras completamente transparentes, como algunos seres vivos, son difícilmente distinguibles. El contraste de fases es especialmente útil para observar es-

pecímenes transparentes, debido a que hace distinguibles detalles que no lo son con el microscopio estándar. Esta técnica se basa en que los objetos transparentes tienen pequeñas variaciones en su índice de refracción de un punto a otro; esto genera un espectro de difracción por detrás del plano focal del objetivo. Las ondas difractadas por las irregularidades del objeto se encuentran fuera de fase respecto a las que no han sido refractadas; al introducir el microscopio un desplazamiento artificial de la fase de las ondas no difractadas, se produce un efecto de interferencia y aumento en el contraste del campo. Sin embargo, al observar especímenes vivos de grosor variable, existen diversas porciones del objeto que quedan fuera del plano focal del objetivo y que degradan significativamente la calidad de la imagen que se puede observar.

Posteriormente se han construido nuevos sistemas de iluminación y ópticos que ofrecen un alto contraste y resolución en muestras biológicas; éstos son los microscopios con óptica de Nomarsky o de contraste diferencial interferencial y el de modulación de contraste de Hoffman; ambos, como en el microscopio de contraste de fases, convierten la información de fases en un aumento en el contraste de la imagen. Como resultado de esto, la intensidad de cualquier punto de la imagen es proporcional a la diferencia de fase generada por el espécimen, lo que determina un aumento notable de la definición de

**FIGURA 2**



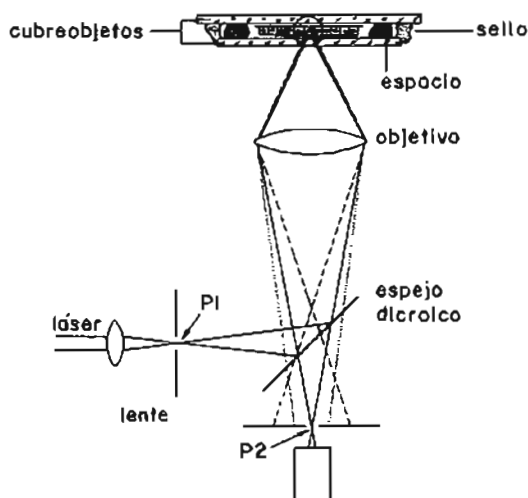
Imágenes de la piel de ratón; a la izquierda con microscopio de campo claro (estándar); a la derecha con óptica de modulación de contraste de Hoffman.

las regiones que tienen diferentes grosores, o índices de refracción; particularmente los bordes de cualquier estructura (véase la figura 2).

En la última década se han desarrollado procedimientos que permiten incrementar significativamente la resolución del microscopio óptico. Minski, en 1961, propuso un nuevo tipo de microscopio para la observación de especímenes vivos con un alto contraste y mejor resolución, comparable únicamente a la que se obtenía anteriormente con microscopios electrónicos de barrido a bajo aumento o luego de complejos procesos de análisis digital de imágenes.

Este nuevo tipo de microscopio se basa en eliminar el velo que, en una imagen de microscopía óptica normal, producen las regiones que se encuentran fuera del plano de foco. Para esto, se ha optado por pasar la luz que incide sobre la muestra por un pequeño agujero o ranura y enfocarla en el plano de la imagen de un objetivo de gran apertura numérica (véase la figura 3). De esta manera, la luz que es reflejada por el punto que se encuentra en el plano focal del objetivo, regresa al mismo y es reenfocada y transmitida a su vez por un pequeño agujero o ranura sin ninguna pérdida. En cambio, la luz dispersada o emitida por los puntos que se encuentran fuera del plano de la imagen es atenuada o bloqueada completamente. De esta manera, se obtiene una imagen de alto contraste y definición de un punto en el plano focal, sin que haya una contribución significativa de las regiones que se encuentran fuera de foco. Debido a que las aperturas tanto de la iluminación como del retorno de la imagen tienen un foco común. A este tipo de microscopio se le ha denominado como "microscopio confocal". Puede resumirse su función diciendo que la microscopía confocal se

FIGURA 3



La fuente de luz, rayo láser, se hace pasar por una ranura (P1) e incidir en un espejo dicróico. De ahí se enfoca en la muestra, pasando por el objetivo del microscopio. La luz emitida por la muestra es colectada por el objetivo y se enfoca en una ranura detectora (P2). La luz proveniente de los planos fuera de foco incide fuera de la ranura detectora (líneas punteadas). Tomado de Baccallao y Stelzer, 1989.

basa en mejorar la relación entre la señal y el ruido de la imagen.

En la figura 3 se muestra el esquema de un tipo particular de microscopio confocal, en el cual, la fuente de luz que se utiliza es un rayo láser. El haz de luz se hace pasar por una ranura (P1) e incidir en un espejo dicróico (que refleja totalmente la luz con un ángulo de cerca de 45 grados), para posteriormente enfocararlo sobre la muestra usando el propio objetivo del microscopio. La luz emitida por la muestra es colectada por el mismo objetivo y, pasando a través del espejo dicróico es enfocada en una ranura detectora (P2). La luz que penetra a menor o mayor profundidad en la muestra (planos fuera de foco), incide por delante o por detrás de la ranura detectora (haces de luz representados en líneas punteadas en la figura 3). Debido a que la cantidad de luz que llega a la muestra es sumamente pequeña, es necesario usar fuentes de iluminación muy poderosas como es el rayo láser.

El procedimiento descrito nos da la imagen de un pequeño punto de la muestra. Para obtener una imagen

completa, es necesario usar complejos procedimientos que permitan mover el punto de iluminación en toda la muestra, e integrar esta imagen formada de puntos individuales en una imagen única. Para esto, se usan sistemas que permiten desplazar la muestra o mover el punto de iluminación, barriendo toda el área que se desea observar. Por esto último, se denomina a los microscopios como "microscopio confocal de barrido". Resulta obvio que, para construir una imagen, es necesario recorrer toda la muestra de manera uniforme, además de que el rayo de iluminación y la vía de retorno deberán estar perfectamente alineadas. Esto implica que la mayoría de los instrumentos que hasta ahora se han desarrollado, se basen en complejos sistemas electromecánicos que resultan en un alto costo, ya que tienen que

generarse pequeños desplazamientos perfectamente uniformes, e integrarse la imagen en un computador.

Para eliminar el problema asociado con el diseño de sistemas que permitan barrer la imagen, se han ofrecido diversas alternativas, algunas de las cuales se encuentran ya en microscopios confocales comerciales. Uno de éstos es el microscopio confocal en que el barrido lo hace el haz de luz. Para ello se utilizan espejos dicroicos que vibran rápidamente recorriendo todo el espécimen. Otra solución al problema lo constituye el "microscopio confocal de barrido en cascada", en el cual, un pequeño anillo que se encuentra por detrás del objetivo tiene múltiples hoyos (de 20 a 60 micras de diámetro) en forma de espiral; al rotar este anillo, se genera una imagen completa de toda la preparación, tomando simultáneamente muestras de una gran cantidad de puntos no adyacentes. Este tipo de microscopio tiene la ventaja de que se obtienen imágenes en tiempo real, permitiendo la observación directa en el microscopio.

Cualquiera que sea el procedimiento que se utilice para barrer la muestra, las imágenes del microscopio confocal son notablemente superiores a las que se obtienen con el microscopio óptico convencional, ya que las imágenes generadas contienen detalles volumétricos y de textura imposibles de alcanzar con este último. Una ventaja adicional se obtiene en los casos en que se desea explorar especímenes con fluorescencia. En estos casos, el efecto deletéreo que sobre la imagen tienen las áreas fuera de foco es especialmente notable; además, la iluminación de la muestra hace que se pierda rápidamente la fluorescencia (véase la figura 4). Por estas razones, el microscopio confocal es especialmente ventajoso para observar especímenes fluorescentes, ya que además de eliminar el efecto de las regiones fuera de foco, solamente se ilumina una pequeñísima región de la muestra en cada momento, eliminándose con

**FIGURA 4**

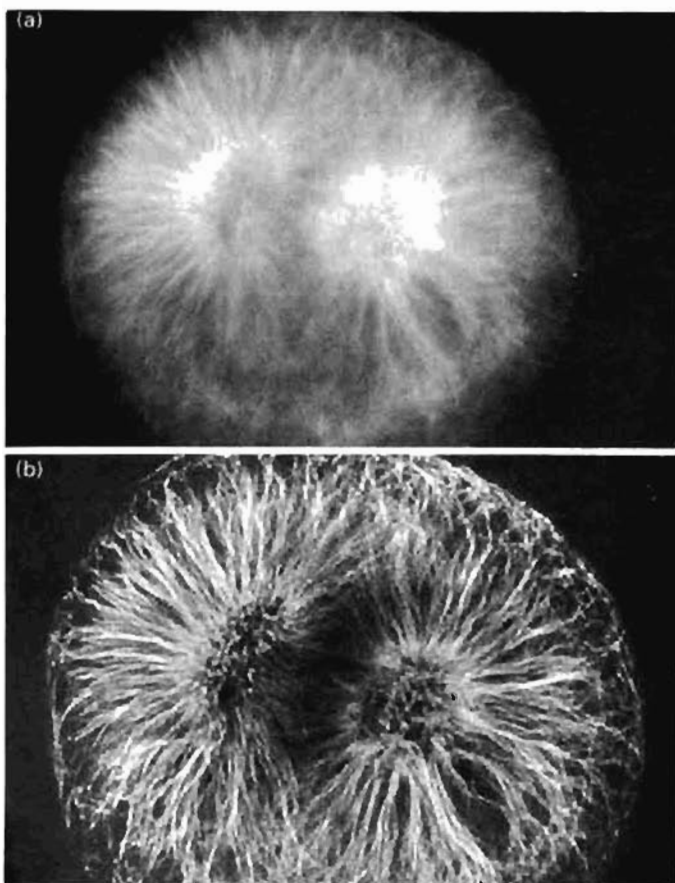


Imagen de fluorescencia tomada con a) microscopio no confocal y b) microscopio confocal.

ello el efecto de "blanqueado" que, sobre la fluorescencia, induce la iluminación continua.

La microscopía confocal permite también estudiar los especímenes usando luz transmitida o reflejada, ello implica que se puedan estudiar muestras que, por su grosor o por sus características, no son transparentes. Esto ha permitido que se desarrollen nuevas técnicas de preparación de los especímenes a observar, las cuales no implican el corte en rebanadas delgadas como se hacía anteriormente, ampliando así significativamente las posibilidades de estudiar las relaciones estructura-función, ya sea a nivel uni o multicelular.

Se han desarrollado, además de la microscopía confocal, otros métodos que permiten mejorar significativamente la calidad de las imágenes que se obtienen con el microscopio óptico. Estos métodos se basan en el procesamiento digital de imágenes, por medio de procedimientos matemáticos que permiten calcular y eliminar el velo debido a las regiones que se encuentran fuera de foco (véase la figura 5). Otros métodos para mejorar la calidad de imágenes en la microscopía óptica se basan en modificaciones en los ángulos de incidencia de la luz y en el uso de varios haces de luz para iluminar las muestras.

La importancia de la microscopía confocal radica entonces en que constituye una nueva y poderosa herramienta para examinar las estructuras celulares y sus funciones. Podemos resumir sus ventajas diciendo que: 1) pueden observarse tejidos intactos así como secciones gruesas sin necesidad de hacer cortes histológicos, 2) se obtiene un aumento notable en la resolución, especialmente en muestras con fluorescencia, 3) reduce el blanqueado de la fluorescencia, 4) permite hacer reconstrucciones tridimensionales más precisas, de mejor calidad y en menor tiempo que por otros métodos. Por todo lo anterior, es claro que en el corto plazo, el microscopio confocal pasará a formar

parte del instrumental normal de trabajo, tanto en laboratorios de análisis clínico-patológico, como en los laboratorios de investigación básica, ya que se ha convertido en un auxiliar indispensable en los estudios de tipo funcional, en los cuales se pretende determinar los procesos que se llevan a cabo en tejidos vivos. Como resultado del desarrollo de

la microscopía confocal, y de los métodos digitales de análisis de imágenes, es posible actualmente abordar cuestiones relativas a las relaciones estructura-función en los seres vivos, que anteriormente eran incontestables.

### Lecturas recomendadas

Bacallao, R. y Stelzer, H.K., Preservation of biological specimens for observation in a confocal fluorescence microscope and operational principles of confocal fluorescence microscopy, *Methods in Cell Biology*, Vol. 31, 1989, pp. 437-452.

Hall, C.E., Microscope, *Encyclopaedia Britannica*, William Benton Publisher, Chicago, 1970, pp.383-402.

Murray, J.M., Neuropathology in depth - The role of confocal microscopy, *Journal of Neuropathology and Experimental Neurology*, Vol 51, 1992, pp. 475-487.

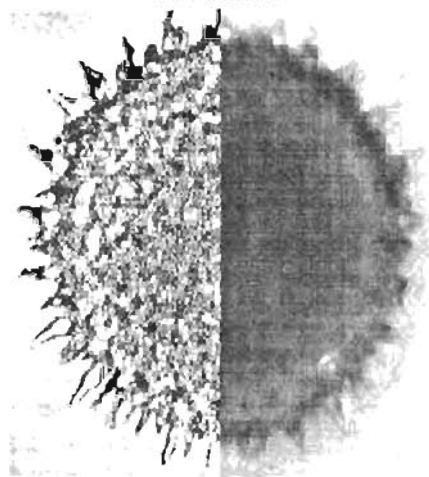
Rostand, J., *Introducción a la historia de la biología*, Ediciones Peninsula. Barcelona, 1979.

Wilson, T. y Sheppard, C.J.R., *Theory and practice of Scanning Optical Microscopy*, Academic Press, London, England, 1984.

Wallen, P., Confocal microscopy in chemical neuroanatomy, *Journal of Chemical Neuroanatomy*, Vol. 4, 1991, pp. 387-395.

Wright, S.J. y Schatten, G., Confocal fluorescence microscopy and three dimensional reconstruction, *Journal of Electron Microscopy Technique*, Vol. 18, 1991, pp. 2-10.

**FIGURA 5**



Grano de polen. A la derecha sin procesamiento; a la izquierda, luego del procesamiento por deconvolución.

## ASPECTOS NEUROQUÍMICOS DE LA DEPRESIÓN Y LA ESQUIZOFRENIA

Amira del Rayo Flores Urbina

Centro de Ciencias Fisiológicas  
Instituto de Ciencias  
Universidad Autónoma de Puebla

Varias investigaciones fisiológicas y neuroquímicas han demostrado que existe una estrecha dependencia entre la actividad eléctrica de las células nerviosas y sus mecanismos bioquímicos. Se sabe que modificaciones de la actividad eléctrica de neuronas o grupos de neuronas modifican significativamente el funcionamiento de circuitos neuronales y con ello la operación de los sistemas motor, sensorial o vegetativo. Es por ello posible establecer algunas explicaciones neuroquímicas en el difícil terreno de la relación entre sistema nervioso y conducta, especialmente en lo referente a los desórdenes psiquiátricos.

En la sociedad moderna existen varias condiciones ambientales (crisis económica, desempleo, stress, etcétera) que predisponen a la manifestación de problemas conductuales, tales como la depresión y la esquizofrenia. Para abordar el análisis de estos procesos, es importante además de considerar toda una serie de factores psicológicos y sociales, tener en cuenta elementos de orden biológico que constituyen parte esencial de la explicación acerca del origen y la evolución de estos padecimientos. Desde este punto de vista, es especialmente importante tener en consideración algunos procesos referentes a la comunicación entre circuitos de neuronas, la cual depende de un delicado balance metabólico.

Las células nerviosas o neuronas se comunican entre sí a través de moléculas llamadas neurotransmisores. Por eso es importante el ciclo de vida de estas sustancias. Todas cuentan con un pro-

ceso de síntesis (dentro de las neuronas), liberación hacia otra célula, acción sobre los receptores de la célula que recibe el mensaje y, por último, su destrucción o recaptura.

### La depresión

En el caso de la depresión se han identificado dos moléculas neurotransmisoras altamente relacionadas con esta conducta: la serotonina y la noradrenalina (norepinefrina). Ambas son sintetizadas en regiones que controlan la conducta emocional, como el hipotálamo y el hipocampo. Debido a su efecto normal de producir un tono emocional equilibrado, se descubrió que estas sustancias desempeñan un papel importante en la depresión cuando, en un estudio realizado en 1950 con la reserpina (fármaco antihipertensivo), los investigadores observaron que el 15% de los pacientes habían desarrollado una depresión que no mostraban antes de comenzar el tratamiento. Este descubrimiento se corroboró con estudios realizados en paralelo en diversos animales, en los cuales la reserpina provocó un síndrome semejante a la depresión con retardo motor y sedación.

Bernard Brodie y colaboradores encontraron que la reserpina eliminaba del espacio sináptico a las sustancias neurotransmisoras serotonina y noradrenalina.

Casi al mismo tiempo, algunos médicos que atendían pacientes con tuberculosis, observaron que un nuevo fármaco, la iproniácida, provocaba reaccio-

nes de euforia. Los tuberculosos sometidos a este tratamiento cambiaban de conducta, se volvían activos y optimistas y comenzaban a descuidar sus medidas de reposo. Este medicamento comenzó a administrarse a pacientes deprimidos no tuberculosos y se observó una franca mejoría de los síntomas depresivos.

Cuando se hicieron estudios más profundos sobre su acción, se descubrió que la iproniácida provocaba un aumento del nivel de catecolaminas (noradrenalina y dopamina) en el sistema nervioso central. Actualmente se sabe que este aumento de aminas cerebrales se debe a que inhibe a una enzima que las oxida y por tanto las desactiva; la monoaminooxidasa (mejor conocida como MAO).

### Depresión y aminas cerebrales

Los investigadores se encontraban así con un medicamento que disminuía las aminas en el sistema nervioso central (la reserpina) y que provocaba depresión, y con otro fármaco, la iproniácida, que tenía un mecanismo de acción y efecto contrarios: aumento de las aminas y mejoría de las depresiones. Con base en estos hallazgos se dedujo que las depresiones son producidas por una disminución en el nivel de aminas cerebrales, principalmente serotonina y las catecolaminas noradrenalina y dopamina (véase la figura 1).

La idea de que los inhibidores de la MAO ejercen su acción terapéutica incrementando la disponibilidad de serotonina y aminas biogénicas se vio confirmada con el descubrimiento de otra clase de antidepresivos, los compuestos tricíclicos: imipramina, desipramina y amitriptilina. Estos agentes bloquean la recaptura activa del transmisor liberado por neuronas serotoninérgicas y noradrenérgicas, prolongando el periodo durante el cual la serotonina y la noradrenalina permanecen y actúan en el espacio sináptico. Así, ambas clases de antidepresivos, los inhibidores de la MAO y

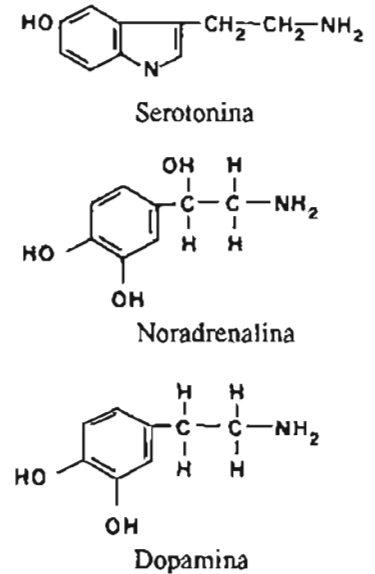
los antidepresivos tricíclicos, afectan la recaptura o acumulación de noradrenalina y serotonina.

Todas estas observaciones proporcionaron evidencias circunstanciales en favor de la idea de que la transmisión sináptica mediada por aminas cerebrales está alterada en la depresión. Sin embargo, la hipótesis de las catecolaminas, como es referida esta idea, presenta algunas fallas ante un número importante de fenómenos clínicos. Por ejemplo, la mejoría de los pacientes cuando se administran inhibidores de la MAO y antidepresivos tricíclicos es aproximadamente igual, aun cuando la acción bioquímica de algunos inhibidores de la MAO es lenta, mientras que los agentes tricíclicos bloquean rápidamente los sistemas de recaptura para serotonina y noradrenalina. Además, los antidepresivos tricíclicos varían ampliamente en su capacidad relativa para bloquear la recaptura de serotonina y noradrenalina, sin embargo, su eficacia clínica en pacientes deprimidos es semejante. Por otra parte, en algunos pacientes deprimidos el comienzo de la enfermedad no está asociado con disminución, sino con incremento en el nivel de noradrenalina en el fluido espinal y plasma, y el tratamiento lleva a una reducción a su nivel normal.

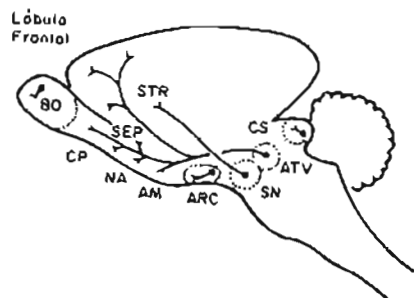
Parece haber un consenso general de que la hipótesis de las catecolaminas no es totalmente válida en su forma inicial simple, que la reducción de catecolaminas lleva a la depresión, y la elevación a la euforia. Probablemente no existe una relación sencilla entre catecolaminas y depresión.

Es importante destacar que las alteraciones en otros sistemas de neurotransmisores puede llevar a la depresión, y que estos sistemas no funcionan independientemente unos de otros, sino que interactúan.

FIGURA 1



**FIGURA 2**



Vías dopaminérgicas en el sistema nervioso central de mamíferos. Las principales son: las células de la sustancia negra SN que proyectan al estriado STR y las del área tegmental ventral ATV que proyectan a la amígdala AM, septum SEP, núcleo accumbens NA y corteza frontal. Esta última vía es la que parece estar alterada en la esquizofrenia. Existen además vías locales en el colículo superior CS y en el bulbo olfatorio BO, arcuato ARC.

## Depresión y sistema neuroendócrino

A todo esto hay que sumarle las evidencias existentes respecto a alteraciones hipotalámicas en la depresión, las cuales sugieren que la modulación hipotalámica de la actividad neuroendócrina podría también estar afectada. La alteración neuroendócrina mejor establecida en la depresión severa, es un exceso en la producción de cortisol debido a una

secreción excesiva de adrenocorticotropina (ACTH) por la hipófisis. Este exceso de secreción de cortisol ocurre en el 40-60 % de los pacientes deprimidos y no se observa en otros desórdenes psiquiátricos, por lo que no parece ser dependiente del stress. Además se ha observado que la secreción de cortisol regresa a su nivel normal durante la fase de recuperación.

Philip Gold y colaboradores han encontrado que el incremento en la secreción del cortisol resulta de una hipersecreción de la hormona liberadora de corticotropina (CTRH) del hipotálamo. El nivel de CTRH correlaciona positivamente con la depresión. Es muy interesante el descubrimiento de que la CTRH induce ansiedad en animales experimentales, y que su liberación es estimulada por noradrenalina y acetilcolina. De esta forma, Gold y sus colegas han sugerido que la CTRH y el sistema noradrenérgico podrían reforzarse mutuamente, contribuyendo a la fisiopatología del proceso depresivo.

## La esquizofrenia

En el caso de la esquizofrenia, también parecen estar involucradas diversas alteraciones neuroquímicas de los meca-

nismos de transmisión de información en el sistema nervioso central.

Delay y Deniker (1952), en Francia, realizaron los primeros estudios clínico farmacológicos en pacientes esquizofrénicos, usando una sustancia llamada clorpromacina. Este compuesto, originalmente producido como un antihistamínico, podía calmar a pacientes hiperactivos y activar a los que estaban casi inmóviles. Para 1955, la clorpromacina había reducido en más de cien mil los casos de hospitalización psiquiátrica en Estados Unidos.

Inicialmente se observó que la clorpromacina provocaba un efecto sedante; entonces se pensó que otros fármacos con propiedades sedativas (fenobarbital) podrían también disminuir las conductas psicóticas. Sin embargo, estudios posteriores demostraron que sólo la clorpromacina causaba dicho efecto en los síntomas asociados con la esquizofrenia (desorden del pensamiento y alucinaciones), y menor efecto en la ansiedad y hostilidad, que son manifestaciones de otros desórdenes.

En las dos décadas siguientes surgieron gran cantidad de fármacos antipsicóticos, fenotiazinas (tioridazina, flufenazina y trifluoperazina), tioxantinas (clorprotixeno y tiotixeno) y butirofenonas (haloperidol), de las cuales la de más amplio uso es el haloperidol. Estas fenotiazinas, tioxantinas y butirofenonas tienen en común su efecto bloqueador sobre los receptores  $D_2$  de la dopamina. Esta última es también una catecolamina que actúa como neurotransmisor en diferentes áreas del cerebro, incluyendo la corteza frontal y sistema límbico (véase figura 2); los cuales se sabe participan en la regulación de la conducta emocional y el pensamiento lógico.

## Hipótesis dopaminérgica

Con base en los datos farmacológicos y fisiológicos que relacionan a los sistemas dopaminérgicos con la esquizofre-

nia surgió la llamada “hipótesis dopaminérgica de la esquizofrenia”, la cual sostiene que este padecimiento puede relacionarse con un exceso de actividad neuronal central dopaminérgica. A pesar de que los estudios clínicos son indirectos, también sugieren que los medicamentos antipsicóticos interactúan con las neuronas dopaminérgicas y bloquean eficazmente a las vías que utilizan dopamina en el sistema nervioso central. Sin embargo, aún no está claro si el bloqueo de los receptores dopaminérgicos es un componente esencial del efecto terapéutico de la medicación antipsicótica. La mayor parte de los estudios de comportamiento, bioquímicos y electrofisiológicos que demuestran una interacción de los medicamentos antipsicóticos con las neuronas dopaminérgicas, han sido llevados a cabo de acuerdo con una administración aguda del medicamento. Este es un impedimento muy serio, ya que es bien sabido que los efectos clínicos de los medicamentos antipsicóticos toman días, semanas o hasta meses en desarrollarse. Sin embargo, en la actualidad no hay realmente una evidencia directa que implique una alteración en el sistema de la dopamina en la esquizofrenia.

### Hipótesis glutamatérgica

Recientemente, Carlsson y Carlsson (1990) han propuesto la “hipótesis glutamatérgica de la esquizofrenia”. Esta sostiene que la esquizofrenia se caracteriza por el rompimiento de un equilibrio entre neuronas dopaminérgicas originadas en el mesencéfalo y neuronas glutamatérgicas originadas en la corteza cerebral (véase figura 3). El desequilibrio puede ser debido a un exceso de dopamina o a un déficit de glutamato, o ambos. Esta hipótesis glutamatérgica se fundamenta en la observación de que existen aparentes alteraciones estructurales en la corteza, particularmente en la corteza frontal, en estudios *postmortem* de pacientes esquizofrénicos.

Finalmente, la investigación de las neurociencias apenas va progresando en sus niveles moleculares. No debe entenderse que hay un fármaco para cada problema conductual, pues estas sustancias son herramientas en el campo de la salud mental, que adicionalmente permiten la investigación de la neuroquímica del cerebro, así como su relación con las conductas alteradas.

El estudio de la enfermedad mental y su tratamiento clínico farmacológico constituye uno de los casos especiales en que la práctica terapéutica antecede y hace avanzar el conocimiento de la fisiopatología y la fisiología normal del organismo. Esto ha determinado que la psicofarmacología, la neuroquímica y la patología avancen de manera paralela.

### Lecturas recomendadas

Carlsson, M. y Carlsson, A., Interactions between glutamatergic and monoaminergic systems within the basal ganglia - implications for schizophrenia and Parkinson's disease, *Trends in Neuroscience*, Vol. 13, 1990, pp. 272-276.

Cooper, R. J., Bloom, E. F. y Roth, H. R., Norepinephrine and Epinephrine, en *The Biochemical Basis of Neuropharmacology*, Oxford University Press, E.U., 1991, pp. 220-284.

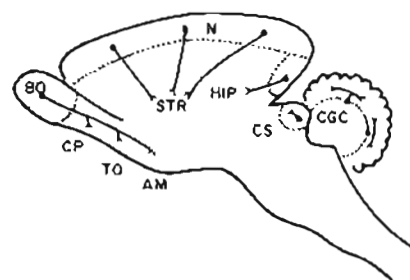
Gershon, S. E. y Rieder, O. R., Major Disorders of Mind and Brain, *Scientific American*, Vol. 267, 1992, pp. 89-95.

Kandel, R. E. y cols., Disorders of Mood: Depression, Mania, and Anxiety Disorders, en *Principles of Neural Science*, Elsevier, N.Y., E.U., 1991, pp. 869-882.

Reynolds, P. G., Developments in the drug treatment of schizophrenia, *Trends in Pharmacological Sciences*, Vol. 13, 1992, pp. 116-121.

Vallejo-Nágera, J. A., *Ante la depresión*, Edit. Planeta, México, D.F., 1991.

FIGURA 3



Principales vías glutamatérgicas en el cerebro de mamíferos. Una vía se origina en el bulbo olfatorio BO y proyecta a la corteza piriforme CP, tubérculo olfatorio TO y amígdala AM. Otras conectan la neocortiza N con el estriado STR y la corteza entorrinal con el hipocampo HIP. Existen también circuitos locales en el colículo superior CS y en las células granulares del cerebelo CGC.

## EL PRIMER CUARTO DE SIGLO DEL SECTOR ELÉCTRICO EN PUEBLA: BOSQUEJO HISTÓRICO DE SU IMPLANTACIÓN 1888-1913

Ernesto Godoy Dárdano

Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades  
Universidad Autónoma de Puebla

En la industria eléctrica del país, durante toda la primera mitad de la presente centuria<sup>1</sup>, el estado de Puebla tuvo una gran importancia: tempranamente alcanzó la primacía -respecto a los demás estados- al tener una mayor capacidad técnica instalada y el mayor volumen de energía generada, debido en gran medida a que disponía de abundantes recursos hidrográficos que eran aprovechables para tal actividad<sup>2</sup>. Sin embargo, dicha situación no benefició únicamente a Puebla, ya que desde tempranas fechas, gran parte de esa electricidad era enviada para su consumo a otros centros de la República, tales como los fundos mineros de Pachuca y El Oro, en el estado de Hidalgo, así como a la ciudad de México.

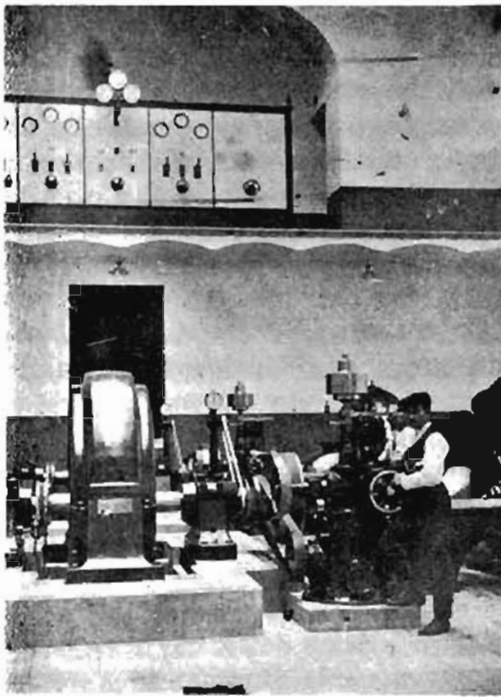
Paradójicamente, cuando Puebla empezaba a perder la referida primacía (ya que su capacidad técnica se vio superada por la instalada en otros estados<sup>3</sup>, a fines de la década de los cincuenta), la región inició un acelerado proceso encaminado a dotar de energía a muchas de sus poblaciones, programa de gran importancia que fue emprendido por la Junta Estatal de Electrificación<sup>4</sup>.

Puebla volvió a tener importancia para el sector eléctrico del país a partir del 24 de junio de 1967, cuando la Comisión Federal de Electricidad (CFE) puso en servicio la primera de las interconexiones entre grandes sistemas eléctricos (el Oriental y el Occidental) de-

jando así integrado un territorio de 600,000 kilómetros cuadrados de costa a costa. Dos años después, también se puso en operación la Subestación Puebla II -la más grande de México y una de las mayores de América Latina-, con lo cual el estado se convirtió en un vital centro distribuidor de energía con influencia hacia Tlaxcala, Morelos, México, Guerrero, Michoacán, Jalisco, Guanajuato, Querétaro, San Luis Potosí, Colima, Zacatecas y Nayarit<sup>5</sup>. En este trabajo se presenta un esbozo de la evolución que siguió la industria eléctrica en Puebla, durante los veinticinco años que abarcó el periodo de su formación e implantación.

Se toman en consideración diferentes aspectos de su desarrollo, pero en particular se privilegian dos de suma importancia: 1) la capacidad técnica instalada en el sector eléctrico y 2) los cambios y las permanencias en la "estructura industrial" del mismo<sup>6</sup>.

Durante el periodo que aquí se analiza, se pueden distinguir por lo menos dos fases por las que atravesó este nuevo sector: la primera, que va de 1888 a 1899, en la cual el capital mexicano fue el único que participó en la actividad y, la segunda, que va de 1900 a 1913, en la que ingresa un enorme flujo de capital extranjero (sobre todo, anglocanadiense), concentrándose la actividad en unas pocas empresas muy grandes, y se eleva la actividad a una "economía de escala"<sup>7</sup>.



Planta eléctrica "Covadonga"

### La fase inicial (1888-1899): los primeros pasos

En 1887 quedó formada por empresarios mexicanos la Compañía Anónima del Alumbrado Eléctrico de Puebla (CAAEP)<sup>8</sup>, la única de su género que existió en la región durante esta fase. Esta empresa construyó a 16 kilómetros de la ciudad, en la vera del río Atoyac, la Planta Hidroeléctrica de Echavarría, la que fue puesta en operación con el objeto de alimentar el servicio de alumbrado público del municipio, el cual consistió inicialmente en cien lámparas de arco y fue inaugurado el 2 de abril de 1888, así como aquel que se proporcionó poco después a los hogares y comercios (con focos incandescentes). La mencionada planta se equipó originalmente con una turbina gemela *Leffel* y de 4 dinamos *Thomson-Houston* de 6.6 amperios y 2,200 voltios cada uno, calculándose la capacidad total en 59.84 kW aproximadamente<sup>9</sup>. Poco tiempo después, en la ciudad se puso en operación la subestación retransmisora El Nopalito (llamada así por la calle donde estaba situada), la cual funcionó

también como planta generadora movida por vapor, valiéndose de una caldera tubular y dinamos del mismo tipo de los que había en Echavarría.

Al comenzar 1897, de acuerdo al informe presentado al Ayuntamiento de Puebla, por el ingeniero electricista comisionado para hacer la inspección en la planta de Echavarría, los dinamos originales se habían sustituido por un "poderoso alternador trifásico, construido por la *General Electric Company*, de una capacidad de 370 kW con 700 volts de potencia eficaz"<sup>10</sup> y 200 amperes; para ese entonces, esta planta había pasado a suministrar energía únicamente al motor eléctrico de la subestación El Nopalito, con el cual se ponían en funcionamiento: a) un dinamo *General Electric* de 2,300 volts, 7 amperes y 24 HP que a su vez alimentaba de electricidad a las lámparas de arco del alumbrado público, y b) otros dos dinamos (de 180 kW y 120 kW) que alimentaban cinco mil focos incandescentes. En El Nopalito se seguía utilizando una máquina de vapor que ponía a funcionar dos dinamos más (de menor potencia que los anteriores) con los que se alimentaban otros mil seiscientos focos incandescentes<sup>11</sup>. Con estas ampliaciones, para 1899, el servicio de alumbrado público de la ciudad, había aumentado a doscientas veintiocho lámparas de arco de 1,200 bujías (más los cincuenta focos incandescentes de 16 bujías que iluminaban la Plaza de la Constitución)<sup>12</sup>.

Asimismo, durante esta primera fase, fueron instaladas pequeñas plantas generadoras de electricidad para dar servicio privado de alumbrado en fábricas (de las cuales veinticuatro eran textiles, dos de sombreros, una de cerveza y una de aceite); así como en cuatro molinos, seis ingenios, una hacienda, en el Hospicio, la Penitenciaría y en el Ferrocarril Interoceánico. De los cuarenta y dos establecimientos mencionados, se cuenta con información únicamente sobre treinta y siete de sus plantas generadoras<sup>13</sup>. En dieciocho de estas plantas, la

fuerza motriz primaria era el vapor, disponiendo en ellas de 101.15 kW; mientras que diecinueve estaban movidas por agua, y tenían instalada una capacidad de 168.71 kW. De la capacidad total instalada, el 75.32% estaba al servicio de fábricas textiles. Las plantas se localizaban en siete diferentes distritos: Puebla, Atlixco, Huejotzingo, Cholula, Chiautla, Matamoros y Tecamachalco. En conjunto estas plantas alimentaban cincuenta lámparas de arco y cuatro mil seiscientos sesenta incandescentes.

De acuerdo a lo anterior, al finalizar la primera fase, la estructura industrial del sector eléctrico en Puebla presentaba las siguientes características:

1) Presencia exclusiva de capital mexicano.

2) Inversión de modestos montos de capital.

3) La capacidad técnica instalada estaba limitada por la inversión hecha y fue proporcional al mercado local disponible.

4) No se daba una diversificación en las aplicaciones de la electricidad, por lo que estuvo orientada únicamente al alumbrado.

5) Existía una sola empresa de servicio público, con un área de operación muy restringida (la ciudad de Puebla), con un usuario principal (la Corporación Municipal) y un limitado -aunque cada vez mayor- número de suscriptores particulares (sobre todo comercian-

tes y familias acomodadas).

6) Había un número considerable de pequeñas plantas privadas al servicio de empresas industriales y agrícolas, así como de instituciones públicas, de las cuales la mitad se encontraba localizada en la ciudad de Puebla, y el resto en seis distintos distritos.

7) No se dio competencia alguna en el sector, ni tampoco podía haber habido integración de cualquier tipo, ya que sólo una empresa estuvo orientada al mercado de energía; todas las demás no tenían por objeto específico generar un excedente de electricidad. La producción del "fluido" era en este caso para el autoconsumo.

8) El sector eléctrico de Puebla no mostró indicios de rezago ni de haber alcanzado ya la situación de primacía, respecto a otros estados de la República.

9) Como toda estructura embrionaria, su tamaño fue reducido y su morfología mostró ser versátil; por lo mismo fue fácil y rápido el paso a una situación nueva, que representa la siguiente fase.

### **La segunda fase (1900-1913): Puebla, hacia la primacía**

Esta fase da principio con el cambio de siglo. Poco faltaba para que concluyera la última década del siglo pasado, cuando se constituyó la *Portezuelo Light & Power, Co.* con arreglo a las leyes del condado de Cook, estado de Illinois (USA). Esta empresa arrendó las caídas de agua que Sebastián B. de Mier -uno de los principales socios fundadores de la CAAEP- había creado en la hacienda El Portezuelo, al desviar de su cauce parte del caudal del río Atoyac. La planta generadora estaba dotada de dos ruedas *Pelton Water Wheel*, a las cuales se les acoplaba una unidad generadora *General Electric* de 750 kW<sup>14</sup>, de donde se desprende que originalmente su capaci-



Planta de luz Portezuelo

dad total era de 1,500 kW. Fue inaugurada el 12 de febrero de 1899, por el Presidente Porfirio Díaz<sup>15</sup>. El servicio de esta empresa se orientó fundamentalmente a los establecimientos industriales, proporcionándoles electricidad para fuerza motriz y, en algunos casos, también para alumbrado; en julio de 1901, el Ayuntamiento de Puebla recibió un informe pericial del Ing. Manuel Gutiérrez, donde precisaba que "dentro del perímetro de la población hay instalados actualmente diecisiete motores con capacidades que varían desde cinco a setenta y cinco caballos de vapor [...] El total de trabajo distribuido por medio de esos motores es de trescientos quince caballos de vapor"<sup>16</sup>.

Además, en virtud del contrato de 1900<sup>17</sup>, firmado por la Portezuelo *Light & Power, Co.* y la Compañía Anónima del Alumbrado Eléctrico de Puebla, esta última le compró a la primera 500 HP de electricidad para ese año, el doble para el siguiente y, a partir de 1902, la cantidad quedó fijada en 1,500 HP; esto se debió, en primer lugar, a que la capacidad instalada de la CAAEP ya era insuficiente para atender la demanda en aumento y, en segundo lugar, a que dicha capacidad empezaba a mostrar cierto grado de obsolescencia (la planta de Echavarría dejaría de operar en 1902). Lo cierto es que la Portezuelo *Light & Power, Co.* se vio en la necesidad (y posibilidad) de ampliar su planta, por lo que en 1904 instaló una turbina más con un generador de 1,000 kW<sup>18</sup>, elevando así el total de su capacidad a 2,500 kW; además, en 1906 parece que esta empresa o aquella que la absorbió en ese año -según se verá enseguida- colocó otra unidad generadora<sup>19</sup>. Sus líneas de transmisión y distribución tenían una longitud de 31 millas, alcanzando uno de sus ramales a la población de Panzocola; también para ese entonces, contaba con tres subestaciones: la de Juárez, la de Santo Domingo y la de El Valor.

El 15 de marzo de 1906, la Portezuelo *Light & Power, Co.* suscribió trescientas

mil acciones de la *Anglo-Mexican Electric Co., Ltd.* (que había sido constituida en Londres el 24 de enero de ese mismo año), a cambio de ceder a la segunda empresa todos sus activos y derechos en calidad de aportación. La nueva compañía, en poco más de un año, se dedicó principalmente a extender las líneas de transmisión (que llegaron hasta Cholula y Apizaco, Tlax.) con el objeto de suministrar energía y dar servicio de alumbrado a esas poblaciones, así como a aquellas por donde pasaban las líneas. Además, se pusieron en operación la estación receptora (situada entre las calles Palafox, Geranio y 2 de Abril) y subestaciones en Cholula, Atlixco, Santa Ana Chiautempan, Santa Cruz y Apizaco. A su vez, el 17 de julio de 1907, la *Anglo Mexican Electric Co., Ltd.* le aportó la totalidad de sus bienes a la *Puebla Tramways, Light & Power Co., Ltd.* (CTLFP)<sup>20</sup>, a cambio de treinta y tres mil acciones (de 100 dólares cada una) y 1'703,000 dólares en obligaciones hipotecarias de esta última.

Por su parte, en noviembre de 1908, la CAAEP también le vendió a la CTLFP todas sus propiedades, activos, concesiones, contratos y derechos<sup>21</sup>, debido a que la primera de las empresas mencionadas se encontraba en las circunstancias siguientes: 1) había dejado de tener la capacidad mínima necesaria para generar la electricidad que requerían sus compromisos de dar servicio de alumbrado, 2) la imposibilidad financiera de cumplir con la recomendación hecha por el Gobierno del Estado y el Ayuntamiento, en el sentido de convertir en subterráneas las líneas aéreas de suministro de energía, en la parte céntrica de la ciudad, y 3) estando en condiciones poco satisfactorias, era preciso reparar las instalaciones destinadas a la transmisión y distribución de energía, por lo que había que invertir una fuerte suma de la cual no disponía.



Sr. Ing. Juan Salvador, contratista de la Presa de Portezuelo.

La CTLFP, en su afán de ganar para sí el mercado potencial de energía, en 1908 construyó otra planta generadora, denominada Portezuelo II. Esta planta fue diseñada para aprovechar las aguas de la segunda caída, poner en movimiento dos turbinas *J. M. Voith* con sus respectivos generadores *Westinghouse* y así incrementar en 2,120 kW la capacidad instalada de la empresa<sup>22</sup>.

Un año antes, un grupo de empresarios mexicanos habían constituido la Compañía Hidroeléctrica de San Agustín, Puebla, S.A.<sup>23</sup> con el objeto de proporcionar servicio de alumbrado y fuerza motriz al municipio de Puebla, en vista de que era insuficiente el ofrecido hasta entonces. Con tal propósito, desde 1906 emprendieron la construcción de una planta generadora, situada en uno de los márgenes del río Nexapa o de Los Molinos, la cual fue equipada con cuatro turbinas *J. M. Voith* y sus respectivos generadores *Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft* (AEG), con una capacidad total de 1,152 kW. Después de dos años de competencia con su desigual contendiente, esta empresa finalmente cayó bajo el control de la CTLFP; al suceder esto, la empresa hegemónica elevó las tarifas e impuso condiciones arbitrarias para dar el servicio, suscitando así -desde fines de 1909- el descontento entre muchos usuarios<sup>24</sup>, el cual se prolongaría durante varias décadas más<sup>25</sup>.

La CTLFP emprendió el ambicioso proyecto de construir sobre el río Blanco, a 12 kms. de Orizaba, el segundo complejo hidroeléctrico más importante del país: Tuxpango. A fines de 1913, el ingeniero Eugenio Hardy, comisionado por el Ayuntamiento de la ciudad para inspeccionar dicha planta, informaba de la capacidad técnica allí instalada<sup>26</sup>: dos unidades compuestas cada una de una turbina tipo horizontal-centrípeta, *Escher Wyss-Zurich*, de 9,500 caballos, las que accionaban directamente un alternador trifásico *Westinghouse* de 6,400 kW a 4,000 volts.

Además, hacía referencia a una excitadora *Compound interpole* sistema *Westinghouse*, movida directamente por una rueda *Pelton* de 300 caballos, que servía para darle corriente al campo magnético del alternador y excitar simultáneamente a todas las unidades de la planta. El perito electricista concluía su informe con un balance de la capacidad instalada: "Estimando en un 15% la pérdida en el trayecto, el Municipio puede contar [...] con que lleguen aquí 8,500 caballos de Tuxpango, los que agregados a los 9,500 de las plantas de Portezuelo y de San Agustín, componen un total de 18,000 caballos. Para el fin del año (que sería en cuestión de mes y medio, EGD) la puesta en servicio del segundo grupo (de Tuxpango), o sean otros 8,500 caballos, hará subir la fuerza disponible a unos 26 ó 27,000 caballos". Finalizaba diciendo: "Por consiguiente, de hoy en adelante [...] se puede asegurar que nunca la Ciudad de Puebla volverá a encontrarse privada de fuerza para su alumbrado y su industria".

Otra empresa que tuvo presencia en Puebla fue la *Mexican Light & Power, Co.* (CMLFM), constituida en 1902 bajo el dominio del Canadá, por iniciativa de algunos miembros de la élite financiera de Nueva Escocia y hombres de negocios de la ciudad de Montreal<sup>27</sup>. Gracias a un permanente y abundante flujo de capital, proveniente del Canadá y Europa (sobre todo de Londres y Bruselas)<sup>28</sup>, la CMLFM pudo ir adquiriendo las empresas del centro de la República (principalmente en las ciudades de México y Pachuca, así como en los más importantes centros mineros del estado de Hidalgo) y controlar así el mercado de energía eléctrica en condiciones monopólicas.

Con el fin de responder satisfactoriamente a la creciente demanda de energía en los centros de consumo antes indicados, la CMLFM amplió con mucho la capacidad técnica instalada, al construir su central generadora en la sierra

norte de Puebla: el complejo hidroeléctrico de Necaxa. Esto implicó, entre otras cosas, llevar a cabo la construcción de cinco grandes reservorios de agua (siendo una de las presas, la segunda más grande del mundo en aquel entonces); hacer un complicado y costoso sistema de túneles y canales, a través de macizos y acantilados; a su vez, abrir caminos y tender vías de ferrocarril, con el propósito de transportar las 35,000 toneladas de maquinaria y las 2,000 de alambre de cobre (con lo que se montaría la línea de transmisión más larga del mundo de aquellos días)<sup>29</sup>.

El ingeniero Teodoro L. Laguerenne<sup>30</sup> calculó que, en 1905, la planta de Necaxa tenía una capacidad de 24,600 HP, con tres dinamos que estaban en operación; para 1906, estaba previsto que se elevara al doble el número de dinamos y la cantidad de caballos de fuerza. Para 1910-1913, de acuerdo a los informes de la misma CMLFM<sup>31</sup>, la capacidad había ascendido a 94,000 HP; con ello, durante el periodo comprendido entre 1906 y 1913, en la zona centro del país, también aumentó el suministro de energía de 46,655 HP a 163,581 HP. Gracias a todos estos incrementos, durante el último lustro del porfiriato, Puebla pasó a ocupar el primer lugar en las estadísticas relativas a capacidad técnica instalada en el sector eléctrico, así como en lo concerniente a generación y distribución de energía<sup>32</sup>.

Además de estas poderosas compañías, en el transcurso de esta segunda fase, aparecieron diseminadas otras empresas muy pequeñas, todas de capital mexicano, que tenían por objeto generar electricidad para dar servicio de alumbrado público, comercial y doméstico (y, sólo en algunos casos excepcionales, también fuerza motriz). Esto ocurrió en las cabeceras y principales poblaciones de algunos distritos, como Teziutlán, Tehuacán, Atlixco, Izúcar de Mata-

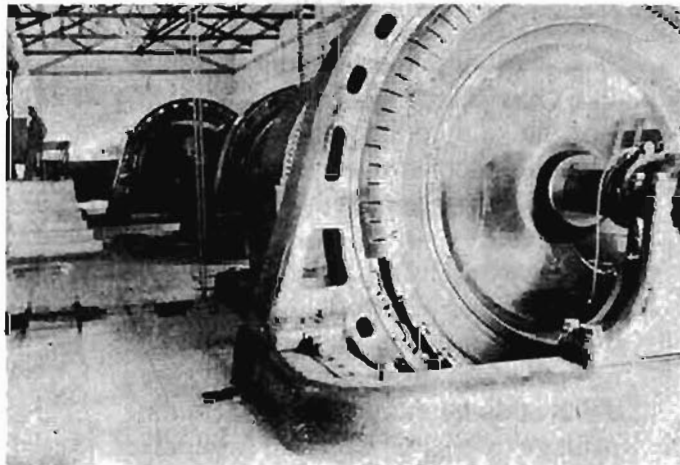
moros, San Martín Texmelucan, Tecamachalco, Zacapoaxtla, Cuetzalan y San Andrés Chalchicomula<sup>33</sup>.

También se siguieron construyendo algunas pocas y pequeñas plantas generadoras al servicio privado de establecimientos públicos (como sucedió con el Colegio del Estado) o de particulares, como fueron los casos de las fábricas de Metepec y La Esperanza, o del ingenio Calipan.

Las características más sobresalientes de la estructura industrial del sector eléctrico en Puebla, durante esta segunda fase, son las siguientes:

1) La electricidad ya no sólo se aplicó a la iluminación, sino también a la tracción física, al aparecer, los motores eléctricos; por lo mismo, el mercado de energía se amplió al haber un número respetable de suscriptores potenciales que se interesaron en la electricidad como fuerza motriz; surgió así la Portezuelo *Light & Power, Co.* (de capital norteamericano), con el objeto específico de suministrar fuerza motriz eléctrica a los establecimientos productivos.

2) Tal situación atrajo al capital anglocanadiense, presentándose a la escena como poderosas compañías, que traían tanto ímpetu como apetito; éstas procedieron a absorber a las empresas más importantes que ya existían, con el objeto de controlar en condiciones monopólicas el mercado de suministro



Interior de la planta de luz Portezuelo

de energía, y, unilateralmente, imponer a los suscriptores particulares los términos del servicio, ya que en esta actividad no había regulación alguna por parte del gobierno.

3) La capacidad técnica instalada por estas compañías extranjeras, principalmente utilizó los recursos hidrológicos (concesionados por el gobierno) como fuerza motriz primaria, con lo que se abatieron los costos regulares de operación; en cambio, la inversión inicial debió ser muy grande al construir los enormes complejos hidroeléctricos; por estar éstos alejados de los centros de consumo, se utilizaron técnicas modernas para transportar la energía por medio de líneas de transmisión con un elevado voltaje y se alcanzó a distribuirla en áreas aún más distantes (incluso fuera de la región).

4) Todo esto permitió incrementar la generación efectiva de energía y que el consumo de ésta fuera mayor en las poblaciones-mercado a las cuales las grandes compañías les proporcionaban servicio; con esto se vinieron a reforzar las tradicionales jerarquías de los asentamientos humanos y los preexistentes entramados regionales de la zona central del país.

5) Todo esto dio lugar a que se dificultara que las empresas más antiguas (de capital mexicano) pudieran sostener la competencia (con aquellas que eran de capital extranjero) y conservar su permanencia en el sector, así como también fue más difícil la entrada al mismo por parte de otras nuevas.

6) Las plantas generadoras particulares no sólo continuaron funcionando sino que se construyeron otras nuevas, aunque en menor medida que en la fase anterior.

7) Aparecieron pequeñas empresas de alumbrado eléctrico, esparcidas en diferentes distritos, que por tener su mercado local asegurado y estar fuera del área de interés de las grandes compañías extranjeras, pudieron sostenerse en el negocio.

8) La estructura industrial del sector eléctrico, al final del periodo, muestra una morfología de grandes proporciones, compuesta por empresas de diferentes tamaños, siendo las grandes (de capital extranjero) las que dominan los mercados más extensos, y las pequeñas (de capital mexicano) las que sobreviven por estar aisladas con sus limitados mercados locales.

9) Puebla pasó a ser el estado con mayor capacidad técnica instalada en el sector eléctrico del país, conservando por cuatro décadas más este rango, así como la misma estructura antes descrita.

## Notas y Bibliografía

<sup>1</sup> Secretaría de Industria, Comercio y Trabajo, *La Industria, el Comercio y el Trabajo en México, Tomo I, Ramo Industrial, 1925-1927*, México, Tip. Galas, 1928, pp. 621-648. Herrera y Lasso, J., *La fuerza motriz en México*, México, Talleres Gráficos de la Nación, 1927, p. 73. Secretaría de Industria, Comercio y Trabajo, *Historia de la Electricidad en México, Tomo I*, México, Imp. A. Mijares y Hno., 1929, pp. 90-91. Comisión Nacional de Irrigación/Departamento Hidroeléctrico, *La Industria Eléctrica en México. Estudios estadísticos preliminares*, México, Ed. Cultura, 1931, pp. 57-61. Herrera y Lasso, J., *La Industria Eléctrica. Lo que al Público interesa Saber*, México, Ed. Cultura, 1933, p. 44. Secretaría de la Economía Nacional, Departamento de Medidas y Control Eléctrico, *Catálogo de Empresas y Plantas Generadoras de Energía Eléctrica*, México, DAPP, 1937, pp. 25-26. Secretaría de la Economía Nacional/Dirección General de Electricidad, *Catálogo de Empresas y Plantas Generadoras de Energía Eléctrica existentes el 31 de diciembre de 1943*, México, pp. 23 y 24. Lara Beautell, C., *La Industria de Energía Eléctrica*, México, Ed. FCE, 1953, pp. 49 y 54. CFE/Gerencia General de Operación, *Plantas Generadoras y Localidades con servicio*, México, 1968, pp. 9-11 y 46-49. CFE/Subdirección de Operación, *Comisión Federal de Electricidad y sus Centrales Generadoras, 1938-1981*, México, 1981.

<sup>2</sup> Cfr. Díaz Arias, J., *La Industria Eléctrica y su importancia en la industrialización de México*, México, Escuela Nacional de Economía, UNAM, 1946, p. 48.

<sup>3</sup>Lara Beautell, *Op. Cit.*, p. 67.

<sup>4</sup> Catalán Guevara, A. y otros, "Juntas Estatales de Electrificación", en *Estudios sobre la electricidad en América Latina*, N.Y., Naciones Unidas, 1964, Vol. II, pp. 62-66. CFE/

Gerencia General de Operación, *Op. Cit.*, pp. 159-172 y 217. CFE, *Evolución del Sector Eléctrico en México*, México, 1977, pág. 117.

<sup>5</sup> CFE, *Puebla, Cuaderno 20*, México, 1970.

<sup>6</sup> Por "estructura industrial" se entenderá aquí, la composición de un grupo de empresas que producen bienes o servicios idénticos; dicha composición asume una determinada morfología, dependiendo del tipo, tamaño y número de empresas que constituyen el grupo, así como del grado de integración (vertical y/u horizontal) entre ellas, la naturaleza del producto o servicio, área en que operan, el mercado que atienden, la capacidad técnica instalada, el grado de "facilidad de entrada" (de nuevas empresas) y si existe o no una legislación que las regule.

<sup>7</sup> Seldon, Arthur y Pennance, F. G. (Compiladores) *Diccionario de Economía*, Barcelona, Ed. Orbis/Oikos-Tau, 1983, pp. 221-222.

<sup>8</sup> *Archivo de Notarías de la Ciudad de México* (ANM), Notaría No. 617 a cargo de Agustín Roldán, Protocolo del 1er. semestre de 1887, escritura No. 172 del 19 de mayo, ff. 878 fte. a 883 fte.

<sup>9</sup> Best, A., *Noticia sobre las Aplicaciones de la Electricidad en la República Mexicana*, México, Imp. de la Secretaría de Fomento, 1889, pp. 17-19. González B., *Noticia sobre las Aplicaciones de la Electricidad en el Estado de Puebla*, Imp. Isidro Romero, 1892, pp. 5 y 6.

<sup>10</sup> *Archivo del Ayuntamiento de Puebla* (AAP), *Boletín Municipal* (BM), Tomo XVII, No. 5, 29 de enero de 1897. Y exp. No. 5/96, Tomo 433, 1897, ff. 268 y ss.

<sup>11</sup> Fenochio, A., *Noticia sobre la Enseñanza y Aplicaciones de la Electricidad en el Estado de Puebla*, Puebla, Imp. Artística, 1899, Parte V, "Luz y energía".

<sup>12</sup> AAP. BM. Tomo XVIII, No. 33, 19 de noviembre de 1898, y T. XIX, No. 37, 2 de diciembre de 1899.

<sup>13</sup> Fenochio, A., *Op. Cit.*, Parte V. "Plantas particulares".

<sup>14</sup> AAP. BM. Tomo XX, No. 9, 21 de marzo de 1900, ff. 2-4.

<sup>15</sup> *Archivo Municipal de Atlixco*, Gobernación, 1898, Caja 396 bis. exp. 3 y caja 415, exp. 1.

<sup>16</sup> AA. BM. Tomo XXI, No. 29, 5 de agosto de 1901.

<sup>17</sup> ANM. Notaría No. 3 a cargo de Francisco Díez de Bonilla, Protocolo del 1er. semestre de 1900, escritura No. 4, del 12 de enero, ff. 8 vta. a 11 fte.

<sup>18</sup> ANM. Notaría No. 25 a cargo de Juan M. Villela, Vol. 30, escritura No. 2215, 15 de marzo de 1906, ff. 234-248 y Anexo B.

<sup>19</sup> CFE, *Estadística de las empresas eléctricas de servicio público en la República Me-*

*xicana. Periodo 1959-1963* (P-I-E), México, s.f., pp. 24-29.

<sup>20</sup> ANM. Notaría No. 25 a cargo de Juan M. Villela, Vol. 41, escritura No. 3141, 17 de julio de 1907, ff. 12-20 y Anexos A y B.

<sup>21</sup> ANM. Notaría No. 25 a cargo de Juan M. Villela, Vol. 55, escritura No. 4005, 12 de noviembre de 1908, ff. 1-9.

<sup>22</sup> La misma referencia de la Nota No. 19.

<sup>23</sup> ANM. Notaría No. 27 a cargo de David Lazo, Vol. 33, escritura No. 1967, 1o. de abril de 1907, ff. 142-187.

<sup>24</sup> *La República* Puebla de Zaragoza, 8 de noviembre de 1909, "El asunto de la luz", p. 7. Y, 23 de enero de 1910, "Quejas contra la Cia. de Tranvías, Luz y Fuerza de Puebla por el mal servicio ...", p. 4.

<sup>25</sup> *Apuntes sobre la vieja controversia entre los industriales de Puebla y Tlaxcala y la Cia. de Tranvías, Luz y Fuerza de Puebla*, S.A., Puebla, Imp. La Enseñanza Objetiva, 1921. *Archivo General de la Nación Fondo Trabajo*, Departamento del Trabajo, Caja 1583, exp. 8/080:676 (724.7)-1928, ff. 6-16, *El Comercio* (periódico), Puebla, 28 de julio de 1928.

<sup>26</sup> AAP Tomo 542 (casillero 10) legajo 3J/ 1913, ff. 248-252.

<sup>27</sup> Godoy Dárdano, E., "Frederick Stark Pearson: innovador de la industria eléctrica en el México Porfiriano", *VIII Seminario La Formación del capitalismo en México*, Oaxaca, 22-24 de noviembre de 1989.

<sup>28</sup> Armstrong, Ch., y Nelles H.V., "A Curious Capital Flow: Canadian Investment in Mexico, 1902-1910", en *Business History Review* 58:2 (Summer, 1984), pp. 178-203.

<sup>29</sup> French, W.E., *The Nature of Canadian investment in Mexico, 1902-1915: A Study of the Incorporation and History of the Mexican Light & Power Company, the Mexico Tramways Company and the Mexico North Western Railway* (Thesis) Department of History of the University of Calgary, Alberta, 1981.

<sup>30</sup> Laguerenne, T.L., "Ligera descripción de la instalación hidro-eléctrica de Necaxa", *Memorias y Revista de la Sociedad Científica Antonio Alzate*, México, Tomo XXIII, 1905, pp. 383-388.

<sup>31</sup> The Mexican Light & Power Co., Ltd., *Annual Report*, Toronto, 1910, 1911, 1912 y 1913.

<sup>32</sup> Seminario de Historia Moderna de México, *Estadísticas Económicas del porfiriato. Fuerza de trabajo y actividad económica por sectores*, México, El Colegio de México, s.f., pp. 144-145.

<sup>33</sup> Godoy Dárdano, E., "Empresas y empresarios en la industria eléctrica de Puebla, 1887-1913", *Tercer Encuentro Nacional de Investigadores sobre los empresarios y las empresas en México*, Tlaxcala, 12-14 de octubre de 1988.

## JACQUELINE K. BARTON Y LA QUÍMICA



Dra. Jacqueline K. Barton

La doctora Jacqueline K. Barton es originaria de New York lugar donde realizó sus estudios. Obtuvo el grado de licenciatura (B.A.) del Barnard College en 1974 y el de doctorado en la Universidad de Columbia en 1979.

En Columbia, se incorporó al área de química del platino en estrecha relación con el trabajo efectuado por el Dr. Barnett Rosenberg. En el transcurso de su doctorado, la Dra. Barton trabajó además en la Universidad de Yale y en los laboratorios Bell, prosiguiendo después en la Facultad de Química del Hunter College. En 1983 regresó a la Universidad de Columbia, donde rápidamente se le designó profesor titular, y a partir del otoño de 1989 asumió su posición actual como profesora de química en el Instituto Tecnológico de California (CALTECH).

La Dra. Barton ha desarrollado una sobresaliente investigación en el campo de la bioquímica, particularmente en el diseño de herramientas moleculares simples para explorar las variaciones en la estructura y conformación de la hélice del ADN. Aunque la Dra. Barton es una investigadora relativamente joven, ha hecho importantes contribuciones y ha sido objeto de múltiples distinciones. En 1985, recibió el Premio Allan T. Waterman de la National Science Foundation. En 1987, fue galardonada con el Premio Eli Lilly de la American Chemical Society en Química Biológica, y al año siguiente le fue otorgado el Premio en Química Pura. Ese mismo año, obtuvo el Premio en Ciencia y Tecnología de la ciudad de Nueva York.

Tal como sucede con varios químicos, es una apasionada admiradora del arte pictórico y en su oficina luce una pintura del artista español Miró, asimismo posee una

reproducción del artista francés Vasarely. Este deleite por la forma y el color se ve plasmado dentro de su trabajo de investigación.

• • •

*Dra. Barton, siempre ha resultado muy interesante conocer cómo los científicos han elegido su campo de trabajo, ¿tenía usted una fuerte preparación en química?*

-Quizá no debiera mencionar esto, pero a decir verdad, nunca cursé la materia de química en la preparatoria. Siempre me interesé por las matemáticas, tomé varios cursos de cálculo y también asistí a cursos de geometría. Este gusto por la geometría lo he volcado en mis estudios ya que en la clase de ciencia que hago, está involucrado el análisis de formas y estructuras. Cuando ingresé a la universidad sentí que, además de cursar matemáticas, tendría que asistir a cursos de ciencia. Me inscribí en la asignatura de química introductoria a la cual acudían cerca de ciento cincuenta personas, además, otros diez estudiantes con conocimientos más avanzados. Aunque, hasta entonces, nunca había estudiado química, pensé: "tengo que intentar", y la experiencia me gustó mucho. La química me permitió combinar lo abstracto y lo real, y despertó un gran entusiasmo en mí. Pero lo que más me impresionó de la química, fue la experiencia en el laboratorio. De la misma manera como otras personas se han involucrado en el campo de la química, estaba fascinada por los cambios de color de los compuestos en diversas reacciones así como por el significado de esas observaciones. De igual manera, deseaba intentar predecir lo que pasaría en una reacción y corroborar si mi predicción era correcta y así pretender explicar lo acontecido. Asimismo quería realizar más experimentos para resolver el enigma en cuestión. Todo esto fue lo que realmente me motivó para incursionar en la ciencia química.

Aunado a lo ya referido, tuve la oportu-

nidad de ser alumna de la profesora Bernice Segal, quien impartió un magnífico curso, y aunque era una mujer inflexible y exigente fue muy motivante para mí, incluso fue mi modelo a seguir y constituyó mi fuente de inspiración.

*Su tesis de doctorado, se enfocó en el estudio de compuestos conocidos como los azules de platino (Platinum blues). ¿Podría decirnos más acerca de estos compuestos?*

-La mayoría de los compuestos de platino son de color naranja o rojos; sin embargo, existe una clase muy interesante de compuestos que son azules.

*¿Qué son estos compuestos?. ¿cuáles son sus estructuras? y ¿por qué son azules?*

-De hecho, cuando el Dr. Barney Rosenberg estaba estudiando ciertos compuestos de platino, encontró los *platinum blues*; solubles en agua, contrarios al *cis-platino* y por lo tanto la gente tuvo esperanzas con respecto a que pudieran ser de utilidad en la quimioterapia; pero no resultó ser el caso. A pesar de este y otros hechos, el Dr. Steve Lippard, mi tutor en la Universidad de Columbia, me interesó en trabajar en este tema. Por lo tanto recurrí al tipo de complejos que Rosenberg había hecho y fueron en realidad azules. Se trata de compuestos absolutamente bellos. Resolvimos la estructura de la molécula y encontramos que contiene cuatro átomos de platino en una misma línea. También encontramos que son compuestos de valencia mixta, donde el platino tiene un número promedio de oxidación de dos y un cuarto, hecho que contribuye a explicar su color.

*Actualmente está haciendo investigación en bioinorgánica, la cual aborda el papel de los metales en los sistemas biológicos. Ha recibido usted numerosos premios por ese trabajo, indicando que la comunidad científica le da gran importancia a este campo y a sus contribuciones a él. ¿Podría explicarnos por qué ese trabajo es tan relevante?*

-El interés de mi grupo es explotar la

química inorgánica como una herramienta para hacer preguntas de interés biológico y explorar las biomoléculas. Una gran cantidad del trabajo en bioinorgánica, ha sido la exploración de los centros metálicos de compuestos biológicos. ¿Por qué la sangre es roja?, ¿qué es lo que hace el hierro en el grupo hemo? Este es un ejemplo, pero hay cientos de ellos. En ciertas reacciones químicas, los compuestos cambian de color y uno de los métodos que existen para estudiar la química de los metales de transición, consiste en analizar estos cambios de color. Esta fue una de las cosas que me fascinaron desde el primer momento y que despertaron en mí el deseo de estudiar los problemas relacionados con el color. De hecho, muchas enzimas y proteínas dentro del cuerpo, contienen metales y la razón que me indujo a iniciar el estudio de la sangre y su grupo hemo, fue su color.

Otro de los sucesos maravillosos acerca de la química de los metales de transición es la posibilidad de construir moléculas que tienen formas y estructuras de interés, dependiendo de la geometría de coordinación. De hecho, uno puede crear una gran cantidad de formas diferentes, algunas de ellas quirales y esto ofrece una ventaja en particular. Lo que queremos lograr es una gran variedad de moléculas con formas distintas para hacerlas interaccionar con ciertos sitios de la cadena del ADN y entonces hacer preguntas tales como, ¿de qué forma varía la estructura del ADN como una función de su secuencia? Si pensamos cómo las proteínas se enlazan al ADN, también podríamos preguntar: ¿Toman ventaja del reconocimiento de la forma de un sitio para activar un gene o apagar otro?

Cuando los científicos comenzaron a preguntarse acerca de estos problemas, describían una secuencia unidimensional del ADN y por lo tanto pensaban en términos unidimensionales. ¿Cómo es que una proteína reconoce una secuencia particular de ADN? Ahora sabemos que el ADN no es unidimensional. Su estructura es tridimensional, y las diferentes series de bases generarán formas distintas. Por lo tanto, creemos que podemos construir complejos de metales de transición de formas particulares que puedan interaccionar con secuen-

cias específicas de bases del ADN, y usar estos complejos para graficar la topología del ADN, podríamos entonces preguntar: ¿Cómo es que la naturaleza toma ventaja de esta topología? Queremos desarrollar un entendimiento verdaderamente molecular de la estructura tridimensional de las formas de moléculas biológicamente importantes tales como el ADN y el ARN.

*¿Cuáles son los desarrollos más recientes en su campo?, ¿podría comentar cuál es la dirección hacia donde la química se está dirigiendo?*

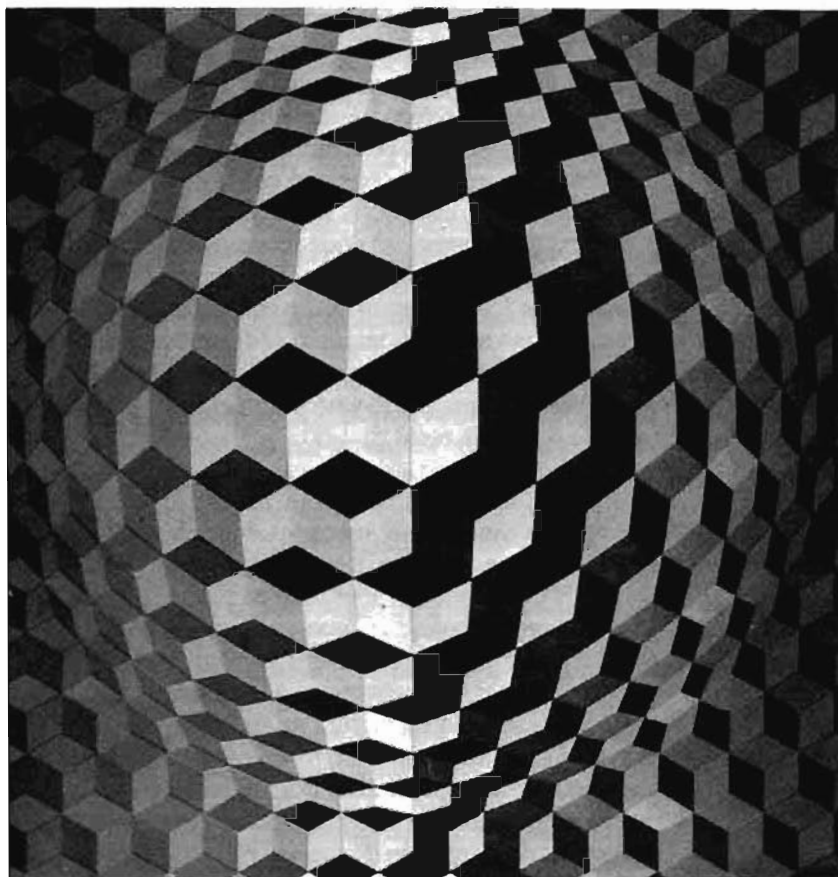
-Pienso que nuestro trabajo puede ser un ejemplo de hacia dónde se está moviendo la química en general. Creo que en los últimos diez años la química se ha revolucionado, y esto es particularmente cierto en la interfase entre la química y la biología, por lo que ahora podemos hacer preguntas químicas acerca de las moléculas biológicas. Y sobre todo, podemos generar moléculas biológicas con alto grado de pureza. Actualmente puedo acudir a una máquina

llamada sintetizador de ADN, y darle una secuencia de ADN que hace posible sintetizar un material puro, con el completo conocimiento de dónde se encuentran todos sus enlaces. Entonces puedo purificarla a través de cromatografía líquida de alta presión y obtener un cien por ciento de pureza. Por lo tanto, es válido hablar de estos biopolímeros en términos químicos, como moléculas, más que extractos celulares impuros; no podía hacerse esto antes. No sólo tenemos ahora la capacidad de preparar moléculas biológicas en forma pura, sino que también contamos con técnicas que permiten caracterizarlas en las formas en que los químicos estudian las moléculas. El desarrollo de nuevas técnicas metodológicas nos ha permitido establecer un puente entre la biología y la química y elaborar preguntas químicas con detalle molecular. Es el momento excitante para hacer química y es por esta razón que la veo como una nueva área de frontera.

*¿Está usted satisfecha con el currículum de la ciencia en las universidades o sugeriría usted algunos cambios?*

-Son los químicos quienes están desarrollando nuevos materiales, haciendo y explorando sistemas biológicos, es el químico quien se encarga de hacer preguntas a detalle molecular y está interesado en la relación entre estructura y función, y ya que esto involucra tantas áreas de la química, creo que vamos a superar las divisiones entre la química inorgánica, la química orgánica, la fisicoquímica y la química analítica, tenemos que hacer un poquito de cada una. Esta es una actitud compartida por muchos en la educación química actual y significa que quizá debemos repensar el currículum de la química y de la ciencia en general.

No importando cuál sea la estructura curricular, lo



Victor Vasarely: 2197 Cheyt-G (1970).

que es realmente significativo en la educación de los científicos potenciales, es la trasmisión del entusiasmo de que ahora conocemos las moléculas de mayor importancia biológica y que, conociéndolas, es posible manipularlas y modificarlas. Esto permite preguntarnos ¿cómo estos cambios afectan su función biológica de tal manera que relacionemos la estructura de la molécula con su función macroscópica?

Una proteína de tamaño promedio es tan pequeña que podríamos colocar un billón de billones de éstas en la cabeza de un alfiler. Actualmente es posible manipular moléculas de tales dimensiones y conocer con exactitud sus estructuras. No logro entender por qué no somos capaces de hacer que la gente se interese en la química, si la clave radica en transmitirles lo extraordinario que es trabajar con entidades tan pequeñas y aun poder diseccionarlas.

*¿Podría describir aquellos atributos especiales de la química que le atrajeron y que le han mantenido interesada? ¿Cómo podemos lograr un mejor reconocimiento de la química?*

-Lo más sorprendente es que la química es divertida, es contagiosa, y si uno tiene cierto sentido de curiosidad, resulta ser muy entretenida, atractiva, y no necesariamente muy difícil.

Es difícil sólo cuando uno la concibe como un proceso de memorización, lo cual sí es complicado y aburrido, pero eso no es química. La química es el conocimiento que nos permite entender el mundo que nos rodea con cierto detalle. Nosotros, por ejemplo, estamos interesados en conocer cosas tales como: ¿qué es lo que hace a la piel suave?, ¿qué hace que las cosas tengan colores diferentes?, ¿por qué el azúcar es dulce?, o ¿por qué un fármaco en particular nos restablece el bienestar?

*¿Cuál es su opinión acerca de las mujeres en la ciencia, ve usted especiales oportunidades para ellas o existen problemas que las mujeres tienen que sobrepasar y que por lo tanto deben estar conscientes de ello?*

-A menudo me preguntan este tipo de

cosas porque soy mujer, y actualmente hay muy pocas ocupando puestos profesionales en química. Ante todo, debo aclarar que no soy experta en el tema, que no me gusta pensar en: ¿cuál sería mi mejor contribución para las mujeres en la química? Pienso que debo hacer ciencia lo mejor que pueda, y ser reconocida por mi trabajo y no por ser mujer. Es muy importante que cuando las mujeres se introduzcan en el ámbito científico, consideren que no hay oportunidades especiales, esto es, que serán tratadas como cualquier otra persona haciendo ciencia. Felizmente, aunque quizá un tanto ingenuo de mi parte, creo que no hay obstáculos especiales que uno tenga que considerar. No se debe pensar que por ser mujer no puede dedicarse a la investigación. Eso es totalmente falso, de hecho, casi toda la gente apoya a las mujeres que hacen ciencia.

Sin embargo, recuerdo a mi maestra Bernice Segal, quien me comentó que cuando fue estudiante de posgrado tenía que hacer cosas detrás de la cortina, porque las mujeres, se suponía, no deberían dedicarse a la química. A Mildred Cohn, otra de mis maestras modelo, le costó veinte años alcanzar una posición de profesor titular, pudiendo haber conseguido fácilmente una posición de asociado en el laboratorio de otro investigador. Afortunadamente no tengo que contar una historia parecida. Estas son las buenas noticias, en mi generación hay pocas historias de este tipo y cada vez es menor la discriminación. Hoy el mundo es un mejor lugar para que las mujeres hagamos ciencia.

*El entusiasmo de la doctora Barton por su trabajo y por la química en general es obvio, y es evidente que continuará realizando importantes contribuciones a la ciencia y que su contagioso entusiasmo por la química, motivará a un número de jóvenes hacia esta maravillosa profesión.*

Agradecemos la colaboración de María Yadira Rosas Bravo.

Traducido del libro *Biochemistry*. Mary K. Campbell, Saunders College Publishing, 1991.

*Enrique González Vergara.*

## GENES RECOMBINANTES USADOS PARA TRATAR TUMORES CEREBRALES EXPERIMENTALES

Se ha hablado y especulado mucho acerca de la clonación y de los genes recombinantes, en una palabra, de la manipulación genética. Ciertamente se trata de una biotecnología de gran penetrancia, por utilizar un término de la genética misma, que va del ámbito biológico estricto, hasta el legal, con implicaciones éticas y filosóficas, que aún no han sido sistemáticamente tratadas. A continuación me referiré a una posible terapia antitumoral reportada en la revista *Science* (Vol. 256, 1992, pp. 1550-1552), en la cual, se propone que, la manipulación genética puede resolver un importante problema de salud, el cáncer.

Este método fue concebido por Kenneth Culver, un investigador oncólogo que trabaja en la sección de inmunología celular del Instituto Nacional del Cáncer, en Bethesda, EUA. La idea de Culver consistió en introducir en células de ratón, lo que ellos llaman un vector retroviral, es decir parte de la maquinaria genética; en este caso del virus del herpes simple, el cual codifica una enzima llamada timidina cinasa. La enzima convierte a las células que la producen en susceptibles a las drogas antivirales. Estas células de ratón llamadas fibroblastos y cargadas con el vector retroviral, son inyectadas dentro del tumor cerebral. Una vez en el tumor, la maquinaria celular de los fibroblastos expulsa copias del vector retroviral, mismas que "infectan" a las células tumorales, las que ahora producirán la timidina cinasa haciéndolas de esta manera blanco de la terapia antiviral con fármacos como el ganciclovir. En ratas de experimentación esta terapia genética resulta altamente tóxica para las células tumorales, inclusive con las metástasis cercanas. Quedan dudas de si esta terapia podrá ser utilizada en tumores humanos, puesto que se usan vectores retrovirales que son, en sí, genes recombinantes que pueden contaminar e infectar a células sanas. Ciertamente, la investigación básica en este campo está dando respuestas concretas a problemas como el de los tumores cerebrales de difícil acceso quirúrgico.



*Francisco Pellicer Graham*

El abate Gregorio Mendel (1822-1884)

## LOS CONDONES Y EL PLACER SEXUAL

Recientemente una compañía francesa, fabricante de condones, preocupada por sus bajas ventas, realizó una encuesta entre las prostitutas del centro de París, para determinar las causas por las cuales, ellas no promovían el uso de los preservativos entre sus clientes. Las respuestas fueron sorprendentes: casi todas coincidían en que tenían que cobrar de más por sus servicios -hasta tres veces- ya que, con el uso del condón, el placer experimentado durante el coito disminuía notablemente. La compañía de marras contrató a un grupo de expertos para que investigara la razón de esta respuesta. Los datos que obtuvieron fueron los siguientes: los nervios que se relacionan con la sensación placentera son estimulados por la vibración. Durante el coito, la fricción entre los genitales genera la estimulación necesaria para sentir placer; cuando se usa condón (fabricado con plástico blando y además lubricado), se pierde esta fricción y por lo tanto, cae exponencialmente la sensación de placer.

Esta compañía ha dedicado un gran esfuerzo para desarrollar un plástico que tenga la capacidad de producir cierta fricción suficiente para generar la estimulación nerviosa. En la revista *Nature* (Vol. 357, 1992, p. 286) se describe el resultado de esta investigación. Se desarrolló un plástico cuyas moléculas vibran en respuesta al estímulo o la deformación; este nuevo material se ha incorporado a la manufactura de condones y, en las pruebas preliminares, ha demostrado que es un buen generador de placer. Se le bautizó con el nombre de "el apasionado" y será puesto a la venta en otoño próximo. La compañía espera que con este nuevo material sus ventas se incrementen notablemente.



*Eduardo M. Salinas*

## QUÉ LOCO PROPÓSITO. UNA VISIÓN PERSONAL DEL DESCUBRIMIENTO CIENTÍFICO\*

Francis Crick

Editorial Tusquets, Barcelona, 1989

*Qué Loco Propósito* es la autobiografía de Francis Crick. El nombre de este investigador es ya parte de la historia de la ciencia por su participación en el descubrimiento de la estructura del ADN. La molécula transmisora de la información hereditaria. Además, Crick ha colaborado en muchas de las principales contribuciones al avance de la genética molecular, campo en el que indudablemente ha quedado la huella de su creatividad intelectual y su enorme capacidad de trabajo. En los últimos años, Crick ha estado trabajando en cuestiones referentes al origen de la vida, ámbito en el que está proponiendo algunas de las hipótesis más atrevidas, aunque no por ello menos plausibles. F. Crick es ciertamente el prototipo de científico interesado por problemas en distintos campos, poseedor de una inteligencia creativa y, a la vez, rigurosa, y que muestra un gran entusiasmo por descifrar los secretos de la naturaleza.

En este texto, el autor relata su vida personal centrándose en aquellos episodios que muestran su curiosidad por comprender el mundo natural y las circunstancias que llevaron a elegir el camino de la biología molecular. Crick llegó tardíamente a la biología pues su formación fue en física, aunque quizá fuese éste un factor que le ayudó a encontrar el enfoque adecuado para los problemas a los que posteriormente se enfrentó. Crick describe con detalle su participación en las investigaciones pero siempre de forma perfectamente comprensible para el lector no especialista. Aparte del interés que tiene la presentación de un episodio de la historia de la ciencia por parte de uno de sus principales protagonistas, lo que considero realmente importante es tener acceso a la visión de un brillante científico acerca de qué es y cómo debe llevarse a cabo la investigación científica. Las consideraciones metodológicas son frecuentes a lo

largo de todo el libro y pretende ser de ayuda para investigadores en otros terrenos.

Se ha hablado, escrito y filmado mucho sobre el descubrimiento de la estructura molecular del ADN, pero coincido con el autor del libro en que, a pesar de la indudable importancia de tal hallazgo, el descubrimiento de la doble hélice no fue la meta, sino el punto de partida del espectacular desarrollo de la genética molecular. F. Crick tuvo un papel importante en el desciframiento del código genético y en el estudio de la forma en que los genes controlan la síntesis de proteínas: fue, además, el formulador del "dogma central" de la genética molecular, según el cual la información hereditaria se transmite del ADN a las proteínas vía ARN, pero no a la inversa, esto es, de las proteínas al ácido nucleico (hoy se sabe que la retrotranscriptasa engrosa al ADN con ADNc proveniente de copia de ARN; en el laboratorio también se ha logrado sintetizar ARN para algunas proteínas y luego copiarlo en ADNc). Los últimos trabajos de Crick son estudios sobre el cerebro, área en la que defiende un enfoque similar al utilizado en la biología molecular. "Si quieres entender la función, estudia la estructura". Crick cree que una aproximación de «caja negra» -aquella en que se analiza el comportamiento de un sistema, pero no su estructura básica- al estudio del cerebro no es adecuada. En el caso de la genética, por ejemplo, este tipo de aproximación no hubiese llevado al descubrimiento de los intrones, aquellos fragmentos de ADN que no codifican proteínas. Según Crick, para entender un sistema no basta con estudiar su comportamiento, sino que es necesario conocer la composición de tal sistema. Crick no aboga por un reduccionismo simplista, sino más bien por una visión integradora interdisciplinaria. No se trata de estudiar sólo las partes de un sistema, pero tampoco de prestar atención únicamente al comportamiento del sistema de forma global. El enfoque más fructífero sería una aproximación experi-

\* Tomado de *Arbor*, No. 553, Tomo CXI.I, Enero 1992, Madrid, pp. 117-119.

mental intervencionista: modificando por separado las distintas partes del sistema y observando los efectos que tal manipulación ocasiona, se logra descubrir la función de cada una de sus partes en el sistema global.

F. Crick considera que hay importantes diferencias entre los tipos de explicaciones utilizados en las diversas ciencias y centra sus comentarios en la construcción de teorías en el campo de la biología. Crick es consciente de los peligros de elaborar explicaciones fáciles en biología teórica: “es muy fácil hacer suposiciones simplificadas plausibles, unas matemáticas elaboradas que parecen corresponder aproximadamente con al menos algunos datos experimentales y pensar que uno ha conseguido algo. La probabilidad de que este enfoque produzca algo útil, aparte de adular el ego del teórico, es bastante reducida, especialmente en biología” (p. 131). La ilusión de haber conseguido una correcta explicación de los fenómenos bajo estudio se puede paliar si se distingue entre lo que él llama (en la traducción castellana) “demostraciones” y “modelos”. Para Crick las demostraciones son teorías de “no se preocupe”, hipótesis que podrían dar cuenta de los fenómenos, pero que no pueden presentarse como su explicación correcta. Los modelos, por el contrario, pretenden representar de modo fiel la realidad. Para evaluar estos modelos y explicaciones Crick presenta diversos criterios, en primer lugar, el nuevo modelo ha de contener la información conocida sobre los fenómenos que se describen. Pero, sobre todo, el *test* más importante es el de la predicción. Las predicciones más valiosas son aquéllas que descubren aspectos de la realidad que no estaban explícitos en el modelo construido. En palabras de Crick: “...un buen modelo en biología no debería plantear sólo el problema que se presenta, sino que, de ser posible, debería servir para unificar los datos que provienen de distintos enfoques, de forma que pudieran realizarse varios tipos de comprobaciones... una teoría reclamará siempre mayor atención si está confirmada por evidencias inesperadas, particularmente por evidencias de tipos distintos” (p. 133).

Las ideas sobre la construcción y evaluación de teorías mantenidas por F. Crick coinciden muy estrechamente con los pun-

tos de vista del pensador británico William Whewell (1794-1886). Para Whewell, la evidencia a favor de un razonamiento inductivo que proviene de casos de un tipo diferente a aquéllos sobre los que se basaba la formación de la hipótesis eleva el grado de probabilidad de la hipótesis mucho más que las predicciones de eventos del mismo tipo que aquél desde el que se formó la hipótesis. A la unificación obtenida cuando clases de hechos totalmente diferentes se explican desde una misma hipótesis se la denomina convergencia de inducciones (*consilience of inductions*) y representa una forma de explicación de la más alta categoría en las ciencias maduras. El que las predicciones sean inesperadas se ve como un síntoma de que se ha alcanzado una hipótesis correcta. F. Crick también coincide con Whewell en este punto: “Una buena teoría no sólo *hace predicciones*, sino también *predicciones sorprendentes que más tarde se confirman*” (p. 157, subrayado mío).

La forma de investigar propuesta por Crick me parece atrevida a nivel metodológico y prudente a nivel evaluativo. En la construcción de teorías, Crick defiende el uso de hipótesis de carácter general, para guiar la investigación, aun cuando estas hipótesis carezcan de mucho apoyo experimental. Sin embargo, a la hora de evaluar esas teorías hay que ser cauto. Primero, se necesita disponer de evidencia experimental y, preferentemente, muchos tipos de evidencia distintos, antes de presentar una teoría como la correcta explicación de los fenómenos bajo estudio. Además, Crick predica el distanciamiento del investigador respecto de sus teorías, esto es, un investigador siempre debe estar dispuesto a abandonar una teoría pues, de lo contrario, corre el peligro de acabar defendiéndola tan sólo porque es la propia o la de mayor tradición.

La complejidad de la investigación biológica y el carácter humano de la investigación científica en general son los rasgos del quehacer científico que Crick pretende mostrar en su trabajo. Creo que su obra logra ambos objetivos de forma amena y sería a la vez. Ahora bien, si la metodología que defiende es la más apropiada para lograr teorías biológicas robustas y fructíferas es algo que el estudio de la historia de la ciencia tendrá que averiguar.

Marga Vicedo

## LAS PASIONES DEL CONOCIMIENTO

Pierre Thuillier

Alianza Universidad, Madrid, 1992

El libro es una recopilación de trabajos publicados por el autor en la revista *La Recherche* entre los años 1984 y 1987. Por la variedad de los temas que aborda, así como por la riqueza de opiniones y puntos de vista que presenta, resulta notable que este sea un libro escrito por un solo autor. Está dividido en cinco secciones que abarcan diferentes aspectos relacionados con la ciencia, el saber y la cultura. A continuación presento los que son, para mí, los aspectos más relevantes de este libro.

De las relaciones entre ciencia y religión, presenta algunos aspectos en que se han servido mutuamente. Por ejemplo, el desarrollo notable de la geometría y la astronomía en el Oriente, se debió en gran parte a la necesidad de conocer la orientación precisa de las mezquitas. Igualmente, en Occidente se hicieron intentos para demostrar la existencia de Dios con base en desarrollos matemáticos, especialmente análisis de series numéricas. Es a partir del Renacimiento que el auge de la ciencia como paradigma explicativo desplaza a la religión, sustituyéndola como explicación del origen de los fenómenos naturales.

El autor hace también un penetrante análisis de las relaciones entre ciencia y política en Francia, en particular lo que él llama la formación de las élites, en las que la contienda en el terreno académico está dirigida a tener el control político, convirtiendo el saber en un camino al poder. La situación que se describe para Francia a inicios de siglo, hace pensar necesariamente en las ideas que ha expresado Gabriel Zaid respecto a los universitarios y el poder en México.

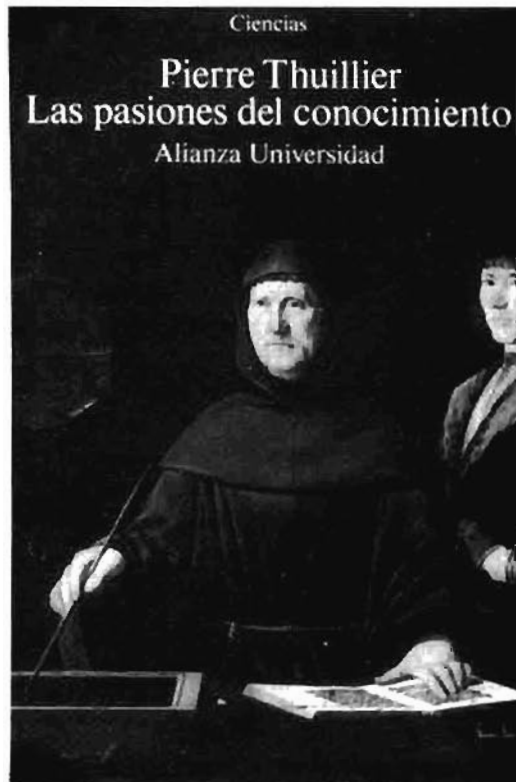
Es notable el capítulo intitolado "La tentación de la eugenesia", en el cual Pierre Thuillier analiza las ideas eugenésicas y su influencia y vigencia aún en nuestra sociedad. No cabe duda de que es a partir del darwinismo que se originan las ideas eugenésicas, las que alcanzan su expresión extrema en el nazismo. Lamentablemente, entre los adeptos a esta corriente de pensamiento se encuentran algunos científicos de renombre y gran influencia, por ejemplo, el biólogo inglés Julian Huxley, autor de la teoría sintética de la evolución y primer director de la UNESCO; "cuando la eugenesia llegue a ser una práctica normal - dice Huxley-, su acción [...] estará enteramente consagrada, en principio, a esta elevación de la media modificando la proporción de bueno y de mal linaje, y, si cabe, eliminando a las capas más bajas de una población genéticamente mezclada". El propio Charles Darwin en su libro *La ascendencia del hombre* publicado en 1871, cita favorablemente las ideas de su primo, Francis Galton. En su autobiografía Darwin dice: "estoy inclinado a creer, como Galton, que la educación y el entorno producen únicamente un efecto débil sobre el espíritu de un individuo y que la mayor parte de nuestras cualidades son innatas". El autor plantea el problema que actualmente representa el aborto, especialmente cuando éste se realiza con fines eugenésicos, con base en el hallazgo de un defecto o marcador genético de dudosa trascendencia. Es probable que si esta práctica se generaliza, marque de manera definitiva el futuro genético de nuestra especie.

Bajo el título de "Hasta dónde llegan los derechos de la ciencia",

Pierre Thuillier reflexiona críticamente sobre el papel que la ciencia ha jugado en el desarrollo del mundo moderno. Esto último sin dejar de tener siempre presente la difícil situación de la ciencia cuando se habla de la guerra. Se presentan evidencias de experimentación en seres humanos tanto en hospitales como en cárceles y en algunas universidades, en las que actualmente se paga para que los estudiantes participen en experimentos de los cuales, no necesariamente, se conocen con precisión sus repercusiones.

Finalmente el autor discute en torno a lo que él llama los orígenes de la anticiencia. Define ésta como una filosofía que considera que la ciencia, lejos de ser la panacea universal y fuente de progreso, es una actividad que debe ser controlada por otras instancias culturales (políticas, filosóficas, jurídicas, etcétera). Hace notar que, una de las primeras y más profundas críticas al desarrollo y los efectos de la ciencia para el ser humano, es la que hizo Mary W. Shilley en su novela *Frankenstein o El Moderno Prometeo* editada en 1817. La anticiencia considera que las teorías científicas no pueden resolver todas las cuestiones y que, el culto a la ciencia puede resultar peligroso. Dice Pierre Thuillier: “[...] de manera general, que la tradición llamada anticientífica ataca directamente el valor de los métodos y de los resultados de la ciencia; pero no niega la utilidad de ciertos descubrimientos o inventos para resolver problemas particulares. Lo que le importa, principalmente, es luchar contra lo que opina que son «abusos de poder» en el campo de la cultura, de la ética y de la política. Mejor aún sería hablar de anticientifismo, con el fin de resaltar el problema, sobre todo sociocultural y no etimológico”.

En definitiva, este libro presenta un análisis de los puentes que se tienden entre la ciencia y cada uno de los aspectos de nuestra cultura. En el texto, la historia de la ciencia resulta mucho más que un anecdotario de vidas ejemplares; se revela con toda su crudeza el origen de nuestra, en ocasiones insana, pasión de saber. Ambas, la ciencia y la cultura, aparecen como instancias de un mismo proceso, que determina la manera como concebimos el mundo y la realidad. Esa realidad que construimos con nuestra “mirada” y que, a su vez, determina la manera como “miramos”.



Enrique Soto Eguibar

## ARBITRAJE O SELECCIÓN EDITORIAL

Comúnmente, al tratar problemas relacionados con la calidad de las publicaciones, se tiende a confundir las funciones y el significado que tiene el cuerpo de árbitros, con las del consejo editorial. Esto es especialmente cierto en el área de las ciencias sociales, donde en ocasiones los términos "con arbitraje" y "con selección editorial" se han considerado como equivalentes, cuando en mi opinión son completamente diferentes.

Todas las revistas, al menos todas las que conozco, tienen un consejo o comité editorial. Éste se encarga de definir la política general de la revista, sus áreas o problemas de interés y los temas que son relevantes para el público al cual está dirigida la publicación, consecuentemente, son los artículos que tratan estos problemas los que serán publicados. Por ejemplo, si una revista de política recibe un artículo que trata algunos detalles de las ecuaciones de Einstein, evidentemente, este trabajo está fuera del espectro de problemas que la revista aborda, por ello, a pesar de que el artículo pueda ser de extraordinaria calidad y particular relevancia, el consejo editorial deberá, en aras de mantener la coherencia de la revista, rechazar el artículo en cuestión. El consejo editorial define qué es lo que se publica en una revista; puede sí, rechazar artículos, pero no necesariamente por razones académicas y relacionadas con el valor intrínseco del trabajo, sino por el tipo de problemas que aborde. Ello no impide, claro está, que pueda juzgar sobre el contenido y la calidad académica de algún artículo.

En contraste con esto, el arbitraje es un procedimiento que permite definir aspectos como: la confiabilidad metodológica, la veracidad de los resultados y la pertinencia de las conclusiones, así como sobre la calidad general y la relevancia de un manuscrito. El arbitraje es un procedimiento de orden académico y las revistas arbitradas tienen un comité de árbitros que son por lo general expertos del más alto nivel y reconocido prestigio en la disciplina en cuestión. Entre mayor el prestigio académico de los árbitros y del consejo editorial de la revista, mayor la calidad de la misma.

Históricamente, las sociedades científicas desempeñaban el papel que actualmente realizan los árbitros. Así, un trabajo sometido a consideración de la *Royal Society* por ejemplo, era verificado por un comité científico, el cual reproducía los procedimientos experimentales referidos por el autor. Este comité juzgaba sobre la exactitud de los métodos y la posibilidad de repetirlos, y decidía con base en ello sobre su mérito científico. Obviamente esto es posible únicamente en el caso de las ciencias experimentales y, actualmente, resulta imposible pretender la verificación experimental de todo manuscrito científico. Sin embargo, en principio, los árbitros hacen un juicio de verdad que se fundamenta en un amplio dominio de su disciplina.

Con base en lo anterior, me parece claro que el arbitraje de una publicación y la existencia de un consejo editorial son dos elementos claramente diferenciables y complementarios. No existe posibilidad de confusión. El arbitraje otorga a la publicación la certeza, hasta donde esto es posible, en torno al contenido científico de un manuscrito. Con base en el dictamen de los árbitros, los editores pueden optar, o no, por publicar el manuscrito que ha sido sometido a su consideración. Se tiene así un procedimiento académico, que representa un nivel superior de análisis con respecto al que pueda hacer un consejo editorial. Es por ello, que se da un valor especial a las publicaciones en revistas arbitradas y, en el campo de las ciencias naturales, constituye un elemento esencial para juzgar sobre la calidad de una publicación, ya que se infiere que los artículos publicados en revistas arbitradas han sido sometidos a un análisis crítico riguroso de todos sus aspectos.

*Enrique Soto Eguibar*

## INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

*Elementos* es una revista de divulgación científica de ciencias naturales y aplicadas. Se publica bajo los auspicios de la Vicerrectoría de Investigación y Estudios de Posgrado de la Universidad Autónoma de Puebla. Entre sus objetivos destaca el servir como vehículo de comunicación entre la comunidad científica y los estudiantes del nivel medio superior y superior, así como el público en general.

Los artículos que se sometan a consideración editorial de la revista deberán enviarse en original y dos copias a:

**Revista Elementos**  
**Dr. Enrique Soto**  
**Universidad Autónoma de Puebla**  
**14 Sur 6301, CU**  
**Apartado Postal 406**  
**Puebla, Pue. 72000**  
**Tel (22) 44 16 57**  
**Fax (22) 33 10 35**

Todos los artículos sometidos a consideración editorial serán evaluados por especialistas en la disciplina, de acuerdo con los criterios establecidos por el consejo editorial.

Los manuscritos deberán ajustarse a las siguientes normas:

1.- El material deberá ser presentado usando un lenguaje claro y sencillo, evitando el uso de términos técnicos especializados. Cuando éstos sean indispensables, deberá explicarse su significado en una nota. Se recomienda el uso de figuras ilustrativas y cuadros que permitan sintetizar y aclarar conceptos relevantes o difíciles. Los artículos deberán ser breves, con un máximo de 16 cuartillas, idealmente alrededor de 10. Se recomienda usar subtítulos e incisos a fin de facilitar la lectura.

2.- Las referencias en el texto se indicarán por un número de acuerdo al orden en que aparecen. Debido al carácter de la revista, deberán incluirse sólo referencias a trabajos claves sobre el tema en cuestión. Al final del texto la lista de referencias deberá asentarse como sigue: Autores con sus iniciales, título del trabajo, revista o libro de donde procede, volumen, año y

páginas (se evitarán las abreviaturas, especialmente en publicaciones en idioma distinto al español).

### Ejemplos

En el caso de artículos en revistas:

Sánchez-Sandoval, A., González, E. y Elizalde, M.P., Mendeleiev, ¿un científico romántico o clásico?, *Elementos*, Vol. 2, 1990, pp. 49-58.

En el caso de artículos en libros:

Bunge, M., La bancarrota del dualismo psiconeural, en *La conciencia*, Editor Fernández Guardiola, A., Trillas, México, D.F., 1979, pp. 71-84.

En el caso de libros:

Chalmers, A.F., *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?*, Siglo Veintiuno, México, D.F., 1989.

3.- Las figuras, fotografías o gráficas deberán presentarse en papel brillante o en forma de dibujos a tinta china sobre papel albanene. Al preparar las figuras deberá tenerse en consideración que comúnmente éstas se reducen de tamaño, por ello, la simbología deberá ser clara y diferenciable.

Al final del texto deberán incluirse los pies de figura. No deberán incluirse figuras a las que no se haga referencia en el texto, o figuras sin su correspondiente leyenda al pie.

En lo posible deberá evitarse el uso de materiales previamente publicados. Sin embargo, cuando ello se considere indispensable, será responsabilidad del autor obtener los permisos necesarios para su reproducción.

4.- Deberá especificarse la institución donde trabajan cada uno de los autores, e información sobre el domicilio y teléfono del autor responsable.

5.- En caso de que se haya usado un procesador de textos computarizado se recomienda enviar el disco con el texto, indicando el procesador que se utilizó.



Capricornio, 1948

### MAX ERNST (1891 - 1976)

Pintor alemán nacionalizado estadounidense y luego francés. Fue un activo y destacado exponente del movimiento surrealista.

En su natal Alemania Max Ernst conoció el arte como un pasatiempo que cultivaban los ciudadanos acomodados o como un árido objeto de estudio. Su rechazo a este arte estéril, fue puesto enteramente al servicio de una reinención, de una recuperación del arte vivo.

En su pintura, los objetos adquieren una especial vitalidad; se desplazan, flotan y llenos de color desafían las leyes de la física, tomando como única fuerza impulsora a la imaginación. La realidad se ve puesta en tela de juicio, lo imposible se reviste con el énfasis de lo posible; se inicia así la aventura surrealista, donde lo aleatorio y lo inconciente permiten recrear un espacio, el espacio del mundo interior.