

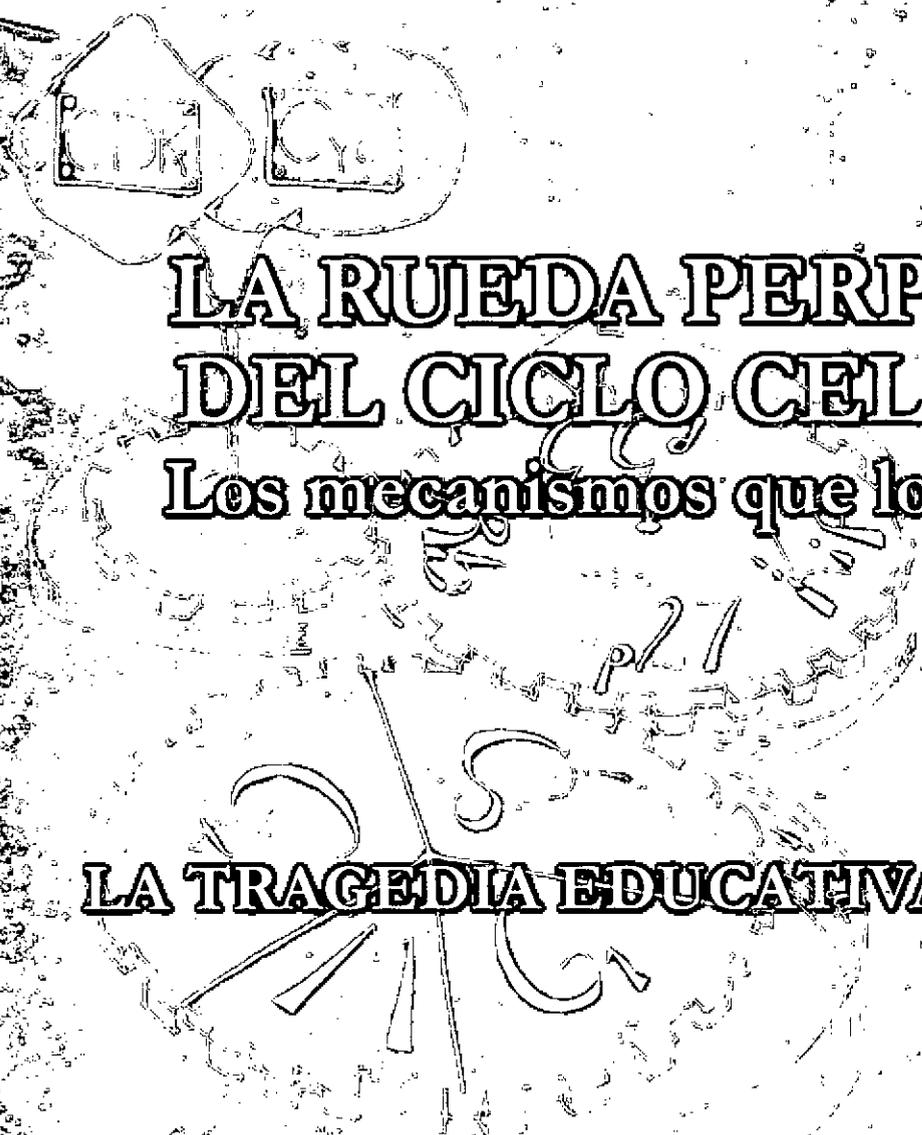
Ciencia e Investigación

e

Asociación Argentina para el
Progreso de las Ciencias

¿TECNOLOGÍA SIN CIENCIA?

**Necesidad de construir una capacidad
nacional de investigación**



**LA RUEDA PERPETUA
DEL CICLO CELULAR**
Los mecanismos que lo regulan

LA TRAGEDIA EDUCATIVA ARGENTINA

TOMO 55 N° 1 - 2003 - \$ 9



AAPC

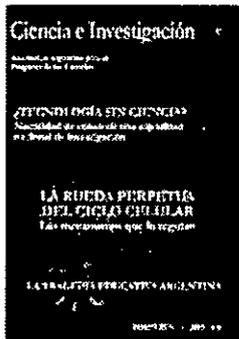
ASOCIACION ARGENTINA PARA
EL PROGRESO DE LAS CIENCIAS

Fundada en 1934 por el Dr. Bernardo A. Houssay

La AAPC privilegia el conocimiento científico
y tecnológico

Av. Alvear 1711, 4º Piso
Biblio@ancefn.org.ar

**TOMO 55 N° 1
2003**



Representación artística de los componentes del "motor" del ciclo celular. Ciclinas y CDKs actuando en conjunto para mover los engranajes que conducen a la división de las células. Dibujo de Ignacio Nojek.

Primera Revista Argentina de Información Científica.
Fundada en enero de 1945.

Editor Responsable
Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias (AAPC)

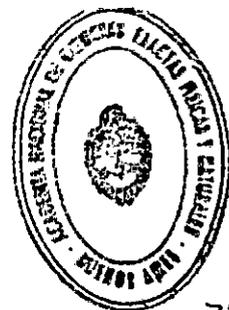
COMITE EDITORIAL

Director
Dr. Horacio H. Camacho
Coordinador
Dr. Marcelo Dankert
Editores Asociados
Ing. Juan C. Almagro
Dr. Alberto Baldi
Dr. Máximo Barón
Dr. Juan C. Calvo
Dr. Julio Gratton
Ing. Arturo Martínez
(Delegado en la Unión Europea)
Dr. Renato Radicella
Dr. Sadi U. Rifé
Dr. Carlos Rinaldi
Ing. Roberto B.A. Solanilla
Dr. Marcelo Vernengo
Dra. Angeles Zorreguieta

Cartas al Editor y suscripciones:
biblio@ancefn.org.ar

Ciencia e Investigación: Revista de información científica.
Es el órgano oficial de difusión de la **Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias.**
Av. Alvear 1711 (1014) Cap. Fed.
Teléfono: (054)-(11)-4811-2998.
Registro Nacional de la Propiedad Intelectual N° 82.657. ISSN-0009-6733 Precio por ejemplar \$9.00

SUMARIO



EDITORIAL

Tecnología sin Ciencia? Necesidad de construir una capacidad nacional de investigación
Ceferino Sánchez _____ 2

ARTÍCULOS

CIENCIA GENERAL

Cien Años del Premio Nobel
Sadi Ubaldo Rifé _____ 3

La Ciencia y el Poder de lo Invisible
Juan P. Milaszewicz _____ 7

BIOLOGÍA MOLECULAR

La Rueda Perpetua del Ciclo Celular.
Los Mecanismos que lo Regulan
Omar A. Coso, Ignacio Nojek y Tamara Tanos _____ 14

BIOLOGÍA

El Estudio del Comportamiento Animal.
La gran Herencia de Darwin
Marcelo Cassini _____ 20

TECNOLOGÍA

La Adopción del Sistema Métrico Decimal
Júan Carlos Nicolau _____ 29

CIENCIAS EXACTAS

La Relación entre la Química y la Matemática
Ivan Gutman y Eduardo A. Castro _____ 33

POLÍTICA CIENTÍFICA Y EDUCATIVA

CONICET
Eduardo Hernán Charreau _____ 38
Comentario bibliográfico. Hongos.
Guía de la región pampeana
Jorge Wright y Prof. Dr. Edgardo Albertó _____ 40

La Tragedia Educativa Argentina
Guillermo Jaim Etcheverry _____ 41

CARTAS DE LECTORES

El desafío de una nota manuscrita
José M. Olavarría _____ 45

ANUNCIOS Y NOTAS DE INTERÉS

Premio Eduardo Braun Menéndez 2003
Fogarty Foundation _____ 46

CIENCIA E INVESTIGACIÓN

Instrucciones para los autores _____ 47

PERSONALIDADES RELEVANTES DE LA CIENCIA ARGENTINA

Alberto Pedro Calderón _____ 48

¿TECNOLOGÍA SIN CIENCIA? NECESIDAD DE CONSTRUIR UNA CAPACIDAD NACIONAL DE INVESTIGACIÓN

Ceférino Sánchez

Profesor Extraordinario de Universidad
de Panamá.

Ex Secretario de Ciencia y Tecnología
de la República de Panamá y Rector
de la Universidad de Panamá.

ceferino@promed.com.pa

Se ha dicho que la nueva tecnología, que está basada en el conocimiento, que a su vez es fruto de la investigación científica, cuando se trata de implementar sin respaldo del saber científico produce tecnólogos *que no saben como saben las cosas que saben*.

Ciencia y tecnología son dos vocablos que en la práctica se usan como si fueran uno solo. Estamos acostumbrados a hablar de ciencia y tecnología, tenemos organismos nacionales o ministerios de ciencia y tecnología, los gobiernos tienen presupuestos para ciencia y tecnología, las instituciones y las universidades tienen programas y oficinas de ciencia y tecnología, se discute la importancia de la ciencia y la tecnología en el desarrollo y el impacto de la ciencia y la tecnología en el mejoramiento del bienestar y la calidad de vida. En otras palabras, se da la impresión que estos dos términos están inexorablemente unidos. Más recientemente, con frecuencia se agrega el término innovación a los de ciencia y tecnología y no es por lo tanto extraño, hablar, escribir, comentar, estudiar y hacer política sobre ciencia, tecnología e innovación como un conjunto de actividades, aparentemente lineal, en el cual lo uno parece ser consecuencia de lo otro.

Como corolario de estos escenarios, pueden presentarse, por lo general, dos situaciones. Una de ellas puede estar representada por aquellos países (siempre subdesarrollados) cuyos gobiernos promueven una política de innovación industrial o empre-

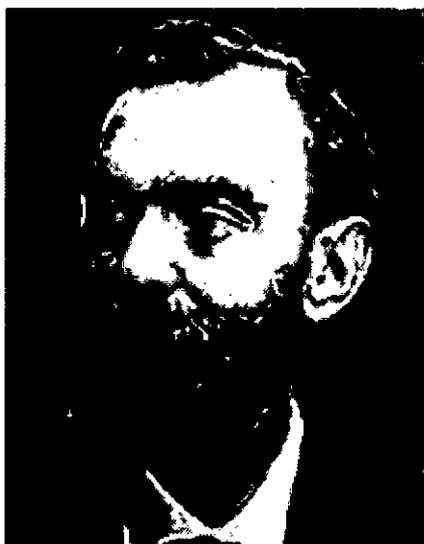
sarial y con muy buena intención desarrollan programas de estímulos, préstamos y subvenciones con ese fin, pero no hacen nada en el campo del desarrollo tecnológico o la investigación científica, puesto que estas dos actividades son, según ellos, más propias de países ricos. Otra es cuando gobiernos, algo más ilustrados, llegan a aceptar la necesidad de generar o adaptar en el propio país nuevas tecnologías y por lo tanto estimulan la creación de centros y parques tecnológicos u otros mecanismos parecidos, pero dejan la investigación científica para los países más ricos. En estos ejemplos, lo que sucede es que la ciencia, la tecnología y la innovación se han dividido en acciones separadas, por lo que la división del trabajo, entre países ricos, pobres y muy pobres, parece una estrategia aceptable. Es decir, unos hacen ciencia, otros con el conocimiento científico desarrollan tecnología y otros, los más pobres, tratan de innovar con las tecnologías que se venden bien y se compran mal. Pero hay un escenario aún peor, en el que se confunden las tres actividades y se diseñan programas e inversiones en desarrollo tecnológico, lo cual objetivamente puede ser aceptable y conveniente para algunos países y situaciones, pero se está bajo la ilusión de estar promoviendo la investigación científica pues los programas y las políticas son llamados de ciencia y tecnología. Existe una solución para ello?

La versión completa de esta nota se publicará en Ciencia e Investigación Tomo 55 N° 2, 2003.

CIEN AÑOS DEL PREMIO NOBEL

Sadi Ubaldo Rifé

Dr. en Farmacia y Bioquímica.
Surife@fibertel.com.ar



ALFREDO NOBEL
1833-1896

Los Premio Nobel fueron establecidos en el testamento de Alfredo Nobel, a través de la Fundación Nobel. Fueron los primeros premios internacionales en otorgarse desde 1901, no hay otra distinción que tenga una característica global y de jerarquía reconocida desde su otorgamiento a "aquellos que durante el año anterior hayan producido el beneficio más importante a la humanidad". A tal efecto su creador destinó el 94 % de su fortuna para establecer premios en Física, Química, Fisiología o Medicina, Literatura y Paz. Posteriormente, el Banco de Suecia estableció el premio en Ciencias de la Economía en 1969.

Estos premios son un tributo al intelecto del hombre moderno y son reconocidos mundialmente por su prestigio académico.

Durante el siglo transcurrido hemos visto guerras y revoluciones, sufrimientos e injusticias pero estos premios han mantenido siempre una categoría de excelencia en medio de una sociedad muchas veces turbulenta, un milagro de nuestros tiempos.

El pensamiento de Alfredo Nobel es realmente remarcable, por ejemplo la idea de otorgar el Premio Nobel de la

El 10 de Diciembre de 2001 se cumplió un nuevo aniversario de la muerte de Alfredo Nobel. Se realizó la ceremonia número cien de entrega de los Premio Nobel. Por tal motivo resulta de interés hacer algunas reflexiones al respecto para ubicarnos en su historia, trascendencia y contenido.

No es precisamente este año el más adecuado para una celebración de esta naturaleza, las circunstancias políticas que involucran a todo nuestro planeta han hecho que la mención del otorgamiento de este importante premio no haya tenido la trascendencia y difusión que se merece.

Muy acertadas son las palabras de uno de los galardonados, el Secretario General de las Naciones Unidas Kofi Annan cuando dice "The world is a messy place and unfortunately the messier it gets, the more work we have to do".

Paz varios años antes de la Primera Guerra Mundial, la visión de progreso en las Ciencias Naturales en el siglo XX estableciendo premios en los tres campos que se desarrollaron en forma brillante y cuyos descubrimientos permitieron avances del conocimiento que influyeron sobre toda la humanidad como son Física, Química y Medicina o Fisiología.

Por otra parte, reconociendo a la Literatura como una de las creaciones más auténticas del espíritu humano incluyó el reconocimiento de la excelencia en la prosa, la poesía y la filosofía a nivel de las ciencias puras. Este hecho ha sido un inestimable apoyo a los intelectuales del siglo XX.

Leyendo la lista de los galardonados en el siglo transcurrido sin lugar a dudas se encuentra la mayoría de los nombres de quienes han contribuido al desarrollo de la humanidad indicando que no solo han tenido importancia en el tiempo que se otorgó sino que todos han trascendido su época, el siglo y quizás el milenio.

Tal como lo menciona Alfredo Russel Wallace, (que trabajó en la Teoría de la Evolución en paralelo con Charles Darwin), en su libro "El siglo maravi-

lloso" (1898), es durante el siglo XIX, al que pertenece Alfredo Nobel y también Carlos Darwin, Gregorio Mendel, Claudio Bernard, Santiago Ramón y Cajal, Sigmund Freud, Ivan Pavlov, Luis Pasteur, Rodolfo Virchow, Max Plank, Antonio Becquerel, Dimitri Ivanovich Mendeleiev, Guillermo Conrado Röntgen, Amadeo Avogadro di Quaregna, Svante Augusto Arrhenius, Emilio Fischer, Pablo Ehrlich y tantos otros. Un siglo altamente creativo durante el cual se establecen las bases para el posterior desarrollo científico que continúa ininterrumpidamente en el siglo XX, cuando los descubrimientos y adelantos en ciencia producen verdaderas sorpresas y las mayores contribuciones al desarrollo y adelanto de la humanidad. Es de esperar que el siglo XXI, a pesar de las dificultades iniciales, permanezca intrínsecamente interconectado con los anteriores y quienes tienen la responsabilidad de conducir los destinos de las naciones comprendan que es en la serena paz de las bibliotecas y laboratorios donde se forja el futuro y se contribuye al bienestar general. Alfredo Nobel nació en Estocolmo (Suecia) el 21 de octubre de 1833 y murió en San Remo (Italia) el 10 de diciembre de

1896. Su padre Emanuel era un ingeniero e inventor vinculado a la construcción, que experimentó con diferentes técnicas vinculadas a los explosivos para la obtención de rocas para la construcción. En 1837 se mudó con su familia a San Petersburgo. Asesoró al Zar de Rusia en armamentos y minas navales, en un principio muy elementales ya que consistían en un barril de madera lleno de pólvora, muy útiles para defender el Golfo de Finlandia de los ataques ingleses durante la guerra de Crimea. Esto le permitió tener una buena posición y brindar a sus hijos una muy buena educación con profesores privados en ciencias naturales, lenguas y literatura. A los 17 años Alfredo hablaba correctamente sueco, inglés, alemán, francés y ruso y su interés primario era la literatura inglesa, la química y la física.

Su padre lo hizo viajar por diversos países de Europa y visitó Estados Unidos de América. En París, la ciudad que más le gustaba, trabajó en el laboratorio de química del Profesor T.J. Pelouze y allí conoció al químico italiano Ascanio Sobrero, quien unos años antes había inventado la nitroglicerina, un explosivo líquido muy poderoso y difícil de controlar, producido al mezclar glicerina con ácido sulfúrico y nítrico. Nobel se interesó en el producto para su uso en fines útiles como la construcción a través de su detonación controlada.

En Estocolmo continuó con sus experimentos. En uno de ellos, debido a una explosión murió su hermano Emil y varias personas más viéndose obligado a trabajar lejos de la ciudad.

Para hacer más seguro el manejo de la nitroglicerina experimentó con diversos agregados entre ellos tierra de diatomea. Al mezclarlo formaba una pasta a la que si se le daba forma cilíndrica permitía ser introducida en agujeros perforados en la roca. En 1867 patentó este material con el nombre de dinamita, inventando también un detonador. Patentó estos descubrimientos que permitieron de inmediato la construcción de grandes obras de ingeniería como túneles, canales, caminos, diques y varios otros tipos de construcciones.

Estableció una fábrica cerca de Hamburgo (Alemania) y comenzó a exportar su producto a varios países de Europa, Estados Unidos y Australia. Posteriormente fundó más de 90 fábricas en diversos lugares de por lo menos 20 países. Si bien vivía en París viajaba

en forma permanente, motivo por el cual Victor Hugo lo llamó "el vagabundo más rico de Europa".

Debido a su permanente actividad no dedicó tiempo a sus asuntos personales y a los 43 años sintiéndose viejo, publicó un aviso en un diario que decía "caballero mayor, rico, muy bien educado, busca secretaria para supervisar sus asuntos personales".

De los postulantes que se presentaron la mejor calificada fue una dama austríaca, Condesa Bertha Kinsky quien después de trabajar para Nobel durante dos meses regresó a Austria para casarse con el Conde Arthur von Suttner. A pesar de su casamiento continuaron siendo amigos y mantuvieron una nutrida correspondencia. Bertha se interesó en la lucha contra la carrera armamentista y escribió su famoso libro "Bajen las armas" convirtiéndose en una figura prominente en los movimientos pacifistas. Años después del fallecimiento de Nobel el Parlamento Noruego le otorgó en 1905 el Premio Nobel de la Paz.

Nobel realizaba negocios y experimentaba en diversos laboratorios en temas de química tales como la búsqueda de goma y cuero sintéticos, seda artificial y otros productos. Al tiempo de su muerte en San Remo en 1896 poseía 355 patentes.

Varias de las compañías fundadas por Nobel se convirtieron en grandes empresas que aún tienen un papel predominante en la economía mundial.

Cuando murió en San Remo y se leyó su testamento todos se sorprendieron que estableciera que su fortuna fuera utilizada para otorgar premios en Física, Química, Fisiología o Medicina, Literatura y Paz.

La ejecución de su testamento correspondió a dos jóvenes ingenieros, Ragnar Sohlman y Rudolf Lilljequist. Ellos crearon una organización denominada Fundación Nobel "para ejecutar, cuidar y administrar las finanzas dejadas por el filántropo, con el propósito de coordinar el otorgamiento de los premios en forma sumamente escrupulosa manteniendo siempre en alto el prestigio y la calidad".

Hubo varias dificultades para ejecutar su testamento pues este fue cuestionado por familiares y por autoridades de varios países pero afortunadamente el último deseo de Alfredo Nobel se cumplió.

La suma de dinero a distribuir fue en 1901 de 150.782 coronas suecas y el

fondo se fue incrementando paulatinamente. En 1946 se liberó a la Fundación de pagar impuestos y en 1953 las reglas de inversión fueron cambiadas produciéndose un incremento notable en el capital. En el año 2001 fueron repartidas entre los cinco premios 10.000.000 de coronas suecas.

En 1901 los primeros laureados fueron Jacobus H. Van't Hoff en Química (descubrimiento de las leyes de la dinámica química y de la presión osmótica en soluciones); Wilhem Conrad Röntgen en Física, (descubrimiento de los rayos X); Emil A. von Behring en Fisiología o Medicina (por sus trabajos en sueroterapia); Jean Henry Dunant en Paz (fundador de la Cruz Roja Internacional) y Frederic Passy (primer Presidente de la Sociedad Francesa de la Paz); Rene F.A. Sully-Prudhomme, poeta parisino autor del libro "Soledades" recibió el de Literatura.

En 1969 se estableció el Premio Nobel en Ciencias de la Economía y los primeros ganadores fueron J. Tinbergen de Holanda y R. Frischt de Noruega.

Uno dato de interés en el otorgamiento de estos premios es que hay cuatro científicos que fueron galardonados con el Premio Nobel en dos oportunidades: Linus Pauling de Estados Unidos quien en 1954 recibió el Premio Nobel de Química por sus estudios sobre la estructura molecular y las uniones químicas y el Premio Nobel de la Paz en 1962 por su lucha en contra de los ensayos nucleares.

Frederik Sanger de Gran Bretaña, en 1958 y en 1980 obtuvo el Premio Nobel en Química, el primero por la determinación de la estructura de la molécula de insulina y en la segunda oportunidad por sus estudios sobre la secuencia de nucleótidos en los ácidos nucleicos.

María Sklodowska Curie de Polonia/Francia en 1903, Premio Nobel en Química por el descubrimiento de la radioactividad del uranio y su trabajo sobre la radioactividad basados sobre los descubrimientos de Antonio Becquerel y nuevamente en 1911 por el descubrimiento de los elementos radium y polonium.

John Bardeen de los EEUU de América ganador del Premio Nobel en Física en 1952 por el desarrollo de los efectos del transistor y en 1972 por la teoría de la superconductividad.

Recorriendo la lista de laureados Nobel y sin pretender hacer una enumeración o jerarquización de ellos sólo mencio-

naremos algunos de enorme notoriedad por ejemplo: Albert Einstein, Niels Bohr, Winston Churchill, Martin Luther King Jr., María Sklodowska Curie, William Faulkner, Alexander Fleming, Dag Hamarskjold, Guillermo Marconi, Linus Pauling, Alberto Szent Gyorgy, Ivan Pavlov, Madre Teresa de Calcuta, George Bernard Shaw, Svante Arrhenius, Ernest Rutherford, Paul Karrer, Max Perutz, Arne Tiselius, Ilya Prigogine, Frederik Sanger, Francis Crick, James Watson, Carl y Theresa Cori, Konrad Lorentz, Herman Hesse, Rabindranath Tagore, Rita Levi Montalcini y tantos otros que merecen figurar en esta breve e incompleta lista.

Debemos agregar con orgullo los argentinos que lograron este premio en ciencia y el solo mencionar sus nombres reconocemos su trabajo, su talento, sus virtudes y sus enseñanzas, Bernardo Alberto Houssay en 1947, Luis Federico Leloir en 1970 y César Milstein en 1984.

En octubre de 2001 fueron anunciados los ganadores en todas las disciplinas establecidas: en Química fue compartido por William S. Knowles (retirado de la compañía Monsanto en St. Louis, Missouri, EEUU de América), Ryoji Noyori (Universidad de Nagoya, en Chikusa, Nagoya, Japon) y K. Barry Sharpless (Scripps Research Institute, La Jolla, California, EEUU), por el desarrollo de la síntesis catalítica asimétrica.

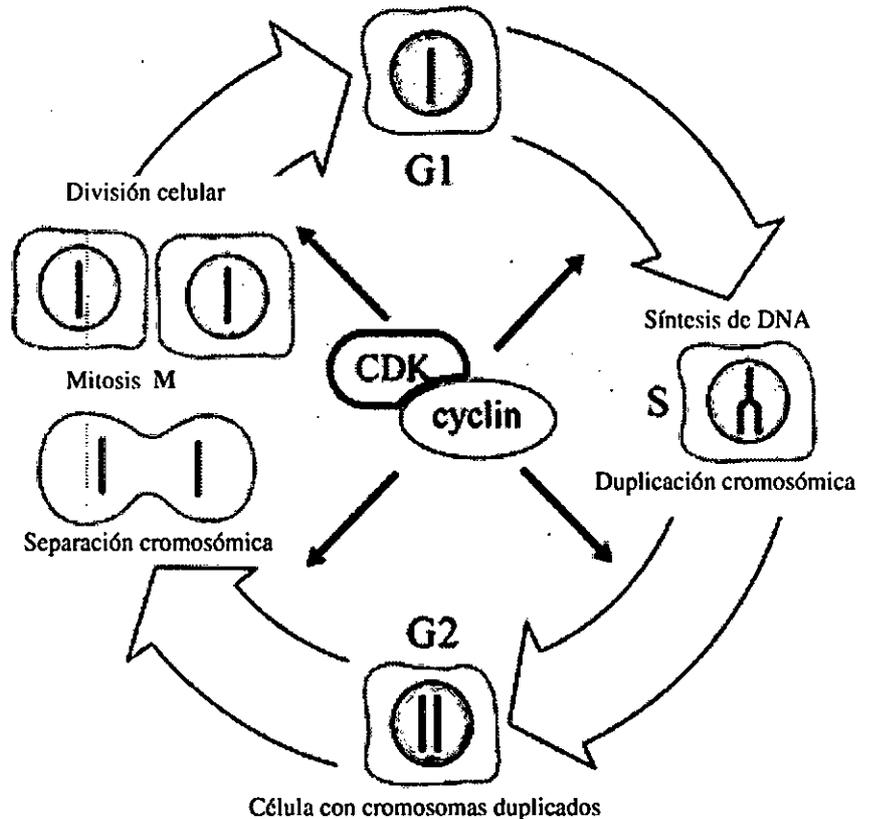
El logro de estos tres químicos es de gran trascendencia para la investigación y para desarrollo de nuevas drogas y materiales y podrá ser utilizado en numerosas síntesis industriales de productos farmacéuticos y otras sustancias biológicamente activas.

En este gráfico esta representado en cierta forma el desarrollo logrado, las manos ubicadas a la derecha simbolizan el catalizador y las de la izquierda



Ciclo Celular

Célula con cromosomas en su núcleo



Célula con cromosomas duplicados

Gráfico de las diferentes fases del ciclo celular.

el producto. En la parte superior de la figura vemos como ambas manos concuerdan mejor (la energía necesaria es menor) que en la parte inferior de la figura. Es lo que se denomina síntesis catalítica asimétrica.

El de Medicina o Fisiología fue compartido por un científico de los EEUU y dos de Gran Bretaña, Leland H. Hartwell (Director del Centro de Investigaciones en Cáncer Fred Hutchinson y Profesor de Medicina en la Universidad de Washington en Seattle EEUU), R. Timothy Hunt (Fundación Imperial de Investigaciones en Cáncer en Hertfordshire, Inglaterra) y Sir Paul M. Nurse (Director General de la Fundación mencionada anteriormente, en Londres, Inglaterra).

Los laureados con el Premio Nobel empleando métodos de biología molecular y genética descubrieron mecanismos moleculares que regulan el ciclo celular.

En 1987 Paul Nurse aisló en humanos el gen que regula diferentes fases del ciclo celular al que se le dio el nombre de CDK1 (kinasa dependiente del ciclo celular). Este gen codifica a ciclinas que

son proteínas que se sintetizan y degradan durante el ciclo celular (Ver: La rueda perpetua del ciclo celular. Los mecanismos que lo regulan, Omar Coso y Col. en esta edición).

Este descubrimiento es de gran trascendencia en investigación y aplicaciones en diferentes campos y se puede llegar a comprender la inestabilidad cromosómica que se desarrolla en células cancerosas.

Gráfico de las diferentes fases del ciclo celular. En la fase G1 la célula permanece en estado estacionario, en determinado momento del ciclo se inicia la síntesis de ADN (fase S) y se duplican los cromosomas. Durante la fase siguiente G2 la célula se prepara para su división. Durante la mitosis (M) los cromosomas se separan y se reparten en las dos células hijas que van a poseer una copia exacta de los mismos cromosomas, la célula inicia la fase G1 y el ciclo celular se completa.

El Premio Nobel de Física fue otorgado en conjunto a tres científicos de Estados Unidos de América, Eric A. Cornell (JILA e Instituto Nacional de Standard y Tecnología de Boulder, Colorado,

Estados Unidos de América), Wolfgang Ketterle (Instituto Tecnológico de Massachusetts, Cambridge, Estados Unidos de América) y Carl E. Wieman (JILA y Universidad de Colorado en Boulder, Colorado, Estados Unidos de América). El Premio Nobel en Física trata de estados extremos de la materia, el Condensado de Bose-Einstein. Los condensados de Bose-Einstein no encontrados en la naturaleza pero su existencia fue predicha en los años 1920 por Albert Einstein y el físico de la India Satyendra Nath Bose.

Carl E. Wieman y Eric A. Cornell produjeron el condensado en 1995 y posteriormente lo realizó Wolfgang Ketterle.

Los científicos lograron la condensación de Bose-Einstein en gases diluidos de átomos alcalinos y por los estudios iniciales y fundamentales estableciendo las propiedades de estos estados de la materia.

demostrado, es posible con átomos de álcali, por ejemplo rubidio de peso atómico 87 y con el único isótopo estable del sodio de peso atómico 23.

El premio de Literatura fue para el escritor de Trinidad Tobago, radicado en Inglaterra, Vidiadhar Surajprasad Naipul. Este escritor utiliza la ficción y la no ficción y a veces una fusión de ambas para explorar los temas del exilio, la dislocación y el dilema agonizante de sociedades postcoloniales.

El de la Paz fue otorgado al actual Secretario General de las Naciones Unidas Kofi Annan, nacido en Ghana quien ocupa la posición mencionada desde el año 1997. En los fundamentos para otorgar el premio se dice que es por sus esfuerzos para lograr un mundo más pacífico. Asimismo se honra a las Naciones Unidas como organización responsable de la paz mundial.

El Banco de Suecia asignó el Nobel en

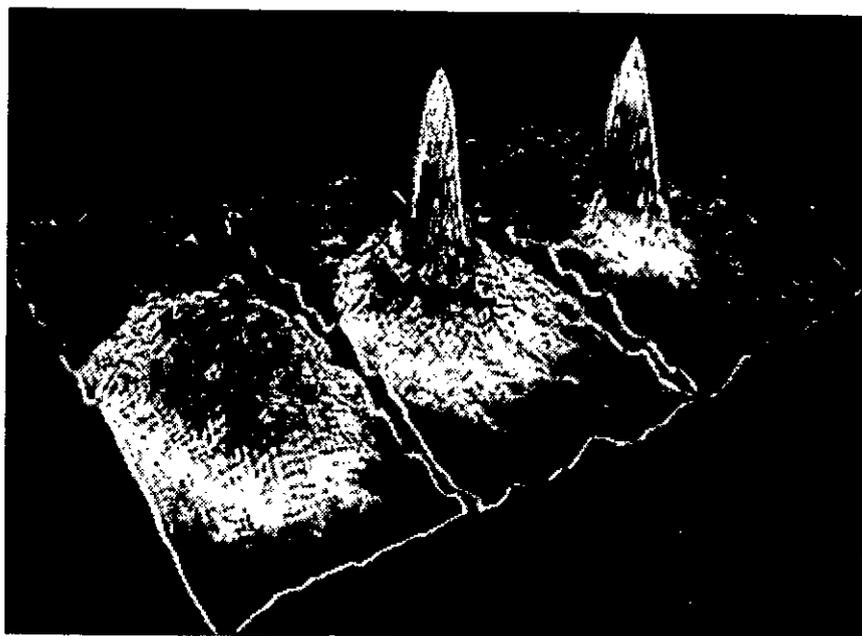
acerca del funcionamiento de los mercados.

Con motivo del centenario se invitó a la ceremonia de entrega de los Premios del año 2001, a todos los ganadores de Premio Nobel, el día 10 de Diciembre en coincidencia con el aniversario del fallecimiento de Alfredo Nobel. En el Stokholm Concert Hall Su Alteza Real el Rey de Suecia, entregó a cada laureado en Ciencias y en Literatura un diploma, una medalla y un documento que los habilita a percibir una retribución económica. Simultáneamente, en el Oslo City Hall, el Presidente del Comité Nobel Noruego y en presencia del Rey de Noruega entregará el Premio Nobel de la Paz.

La Real Academia Sueca de Ciencias es responsable por los premios de Química y Física y desde 1969 del premio en Ciencias de la Economía; la Asamblea Nobel del Instituto Karolinska del premio en Medicina o Fisiología; la Academia Sueca del premio de Literatura y el Comité Nobel de Noruega, del premio Nobel de la Paz.

Cada Diploma que se entrega es una obra de arte única producida por diferentes artistas, en pergaminos escritos a mano y con las mismas técnicas empleados para ilustrar los libros del medioevo.

Cada año se repite esta selección de quienes por su trabajo han merecido este trascendental reconocimiento.



La figura precedente muestra, de izquierda a derecha, los sucesivos acontecimientos de la condensación Bose-Einstein en rubidio: la distribución atómica en la nube a sido observada antes de la condensación, al inicio de la misma y luego de la condensación total, respectivamente. La altura de los picos corresponde a un mayor número de átomos en estado condensado. La secuencia se inició a 170 nK y los registros difirieron en 6 milisegundos.

De acuerdo a las leyes de la mecánica cuántica que gobiernan las condiciones del microcosmos, lo que normalmente llamamos partículas se pueden comportar como una onda. Esto es bien conocido y utilizado por ejemplo en el microscopio electrónico.

Los gases cuando son enfriados generalmente se condensan como líquidos, esto puede ser evitado y tal como los laureados con el Premio Nobel han

Ciencias Económicas a tres estudiosos norteamericanos, George A. Akerlof (Universidad de California en Berkeley), A. Michael Spence (Universidad de Stanford, California) y Joseph E. Stiglitz (Universidad de Columbia, Nueva York) por sus trabajos pioneros de investigación acerca de los defectos e imperfecciones del mercado y las diversas contribuciones que han transformado la forma en que los economistas piensan

BIBLIOGRAFÍA

The Nobel Prize. The first 100 years editado por Agneta Wallin Levinovitz & Niels Ringertz (The Nobel Foundation, Sweden).

The Politics of Excellence: Behind the Nobel Prize in Science. Robert Marc Friedman (Times Books).

LA CIENCIA Y EL PODER DE LO INVISIBLE

Juan Pablo Milaszewicz

Instituto Argentino de Matemática

Pmil@maths.tcd.ie

PLANETAS VISIBLES Y NO VISIBLES

Cuando el joven músico William Herschel llegó a Inglaterra proveniente de Hannover, donde había integrado la banda militar, estaba lejos de imaginar que llegaría a ser el astrónomo más famoso de su época. Hannover había sido ocupada por tropas francesas en 1757 y ésta fue la razón de su forzado exilio dos años más tarde, cuando contaba veintiuno. Al principio se ganaba la vida copiando partituras musicales, pero en menos de diez años, su dedicación y energía le permitieron alcanzar la posición de organista de la Octogonal Chapel en la elegante ciudad de Bath. De su padre no solo había heredado la profesión de músico, sino también una inagotable curiosidad que lo llevó a entusiasmarse por la matemática, la óptica y la fabricación de telescopios. Llegó a producir lentes y telescopios de calidad superior a la de los que se usaban en el observatorio de Greenwich. Secundado por sus hermanos Karoline y Alexander, en 1774 comenzó a escrutar los cielos minuciosamente y a catalogar sus constelaciones. Por supuesto que también observó a los cinco planetas que desde tiempos prehistóricos habían sido diferenciados de las estrellas por desplazarse de noche a noche con una cierta regularidad; junto al sol y la luna, Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno servían para designar los días de la semana, un recuerdo vivo de la larga época en que se había pensado que la tierra era el centro del universo hasta que el sacerdote polaco Nicolás Copérnico propuso poco antes de morir la teoría heliocéntrica.

El 13 de marzo de 1781, durante el tercer recorrido por las estrellas para catalogarlas precisamente, Herschel descubrió un objeto que inicialmente supuso debía ser un cometa ya que además de ser fácilmente visible como los planetas conocidos, se desplazaba. Luego de largos meses de observaciones que le permitieron determinar, con la ayuda de Laplace desde Francia, que su trayectoria era elíptica casi circular, con excentricidad semejante a la de Júpiter y Saturno, supo que había descubierto un nuevo planeta cuya distancia al sol era el doble de la de Saturno. Inicialmente bautizado Georgium Sidum en honor del rey Jorge III, terminó siendo llamado Urano por la comunidad astronómica. A partir de ese momento, a la fecundidad intelectual de Herschel se agregó la celebridad, que lo llevó en un año a ser miembro de la Royal Society y a ser designado astrónomo personal del rey con una importante pensión anual para él y otra para Karoline. Aunque luego ganaría mucho más con la venta de sus telescopios en todo el mundo, la designación real le permitió dejar las actividades musicales que le habían asegu-

rado una vida digna como maestro, compositor y ejecutante, para dedicarse profesionalmente a la música del universo. Con sus poderosos telescopios descubrió que las llamadas nebulosas son grandes masas estelares, y que su apariencia lechosa no se debe a ningún fluido sino a la gran cantidad de estrellas presentes y a que se encuentran a enorme distancia. Llevó el número de nebulosas conocidas de alrededor de un centenar a 2500. Catalogó casi un millar de estrellas dobles y también descubrió dos lunas de Urano así como otras tantas de Saturno, las número seis y siete, y determinó los períodos de rotación de varios planetas. Ahora queremos señalar una aproximación muy específica de Herschel a lo invisible. Determinó la naturaleza gaseosa del sol y analizando su espectro luminoso descubrió la radiación infrarroja con un experimento muy sencillo; colocó un termómetro en la zona adyacente al rojo de la descomposición espectral de la luz solar, descomposición que había descubierto Newton con otro experimento igualmente revelador al hacer pasar un haz de luz solar por un prisma de vidrio;

al registrar un aumento considerable de temperatura, la radiación infrarroja y la consecuente conversión de luz en calor fueron puestas en evidencia.

Herschel contrajo matrimonio con la viuda Mary Pitt a los cincuenta años y luego de cuatro años nació su único hijo John, quien se trasladaría con los telescopios heredados a Ciudad del Cabo para completar el mapa de los cielos desde el hemisferio austral. En 1816 pasó a ser Sir William Herschel. A pesar de su delicada salud, murió a los ochenta y cuatro años y dos años antes descubrió que según la orientación, a derecha o izquierda, los cristales de cuarzo hacen que el plano de polarización de la luz sea rotado en direcciones opuestas.

Cuando la vida de Herschel se aproximaba a su fin, nació en 1819 John Adams en un medio rural del sudoeste de Inglaterra. Desde muy temprano sorprendió a su familia y a sus maestros por sus dotes para la matemática. A pesar de ser un brillante becario de la universidad de Cambridge, era siempre modesto e introvertido, pero sincero y dispuesto a ayudar a quien lo necesitara.

En 1841, dos años antes de graduarse, Adams comenzó a interesarse por el problema de Urano, después de leer un informe sobre astronomía hecho por el astrónomo real Sir George Airy. El problema de Urano consistía en que a pesar de tener una órbita elíptica, se desplazaba en ella con variaciones de velocidad que parecían contradecir la segunda ley de Kepler. Las tres leyes habían sido establecidas empíricamente por Kepler y demostradas matemáticamente por Newton como una consecuencia relativamente sencilla de esa ley de leyes que es la ley de gravitación universal.

El problema de Urano era un verdadero misterio, que había comenzado con el descubrimiento de Herschel. Adams supuso que tenía que haber otro planeta desconocido cuya fuerza gravitatoria causaba perturbaciones en el desplazamiento de Urano y aunque esta conjetura ya había sido hecha vagamente en una o dos ocasiones, él se puso a trabajar para determinar si era correcta o falsa. No era trabajo fácil porque la órbita de Urano se conocía con inexactitud, por lo que formuló el problema en un sistema diferencial ordinario con 27 incógnitas. Para resolverlo, tenía valores de las variaciones de Urano en 29 años distintos, algunos de antes que se supiera que era un planeta, que llegaban hasta 1609. Luego de tediosos y largos cálculos, a fin de septiembre de 1845 y con la posición prevista del planeta para el 1 de octubre fue a Greenwich a visitar a Sir Airy, pero sin haber formalizado una cita. Airy estaba ocupado y Adams dejó una carta de presentación al profesor James Challis, quien era el director del observatorio. Airy le hizo notificar a Adams, por intermedio de Challis, que lo recibiría con agrado, por lo que Adams volvió a ir a verlo el 21 de octubre, pero nuevamente sin haber fijado una cita. Airy no estaba en su casa y Adams le dejó su tarjeta de visita a la esposa de Airy, diciéndole además que volvería a pasar más tarde ese mismo día. La señora Airy estaba embarazada con su noveno hijo y olvidó dar el mensaje a su marido. Cuando Adams volvió, en la puerta le notificaron que los Airys estaban cenando y que no se los podía molestar. Más tarde, Airy le escribió a Adams diciéndole que había recibido sus papeles, pero discrepaba con la suposición acerca de la distancia del planeta desconocido y formulaba una pregunta al respecto que Adams consideró trivial por lo que no contestó a Airy. Adams pensaba que lo relevante era determinar si sus cálculos estaban bien, apuntando el tele-

scopio a donde él predecía que estaría el planeta en cuestión. El 10 de noviembre del mismo año, Airy recibió un trabajo del astrónomo francés Urban Jean Joseph Leverrier, que estudiaba las perturbaciones de Urano provocadas por Júpiter y Saturno. En junio de 1846 Airy recibe otro trabajo de Leverrier de donde resulta claro que hay otro planeta que tiene que ser fácilmente visible con un telescopio y escribe a Leverrier haciendo la misma pregunta relativa a la distancia del planeta desconocido. Ni Adams ni Leverrier estaban al corriente del trabajo del otro mientras que Airy se da cuenta de que, en lo esencial, las predicciones de Adams y Leverrier coinciden y encomienda en julio a Challis que inicie la búsqueda en la zona predicha por aquellos, usando un telescopio que se hallaba en Cambridge. Cuando Challis compara los registros del 30 de julio y del 12 de agosto, luego de encontrar coincidencia entre los primeros cuarenta objetos observados en ambas fechas, abandona la comparación de los registros. Si hubiera continuado habría sabido que el objeto número 49 se hallaba en posiciones distintas, es decir era el nuevo planeta.

Los astrónomos franceses no ayudaban a Leverrier porque éste era irritable y de difícil trato, pero él pide a un conocido suyo en el muy actualizado observatorio de Berlín, Johann Galle, que haga observaciones en base a sus predicciones. En un par de días, el 24 de septiembre, es descubierto Neptuno y comienza una polémica internacional sobre el mérito del descubrimiento. En Inglaterra se multiplican las recriminaciones a Airy, a Challis y a la misma señora Airy. Por el lado de los principales protagonistas, en 1847 Sir John Herschel invita a ambos a su casa y del encuentro surge una gran amistad entre Adams y Leverrier.

La celebridad del joven Adams en Inglaterra le permite obtener una cátedra en Cambridge y ser dos veces presidente de la sociedad real de astronomía, entre otras cosas. Cuando la reina Victoria le propone ser ordenado caballero de la corona, declina el honor, aduciendo que sus medios económicos no le permitirían enfrentar las obligaciones sociales que tal situación hubiera generado. También declina ser designado el nuevo astrónomo real, cuando Sir Airy se retira. A los cuarenta y cuatro años se casa con Eliza Bruce, una dama irlandesa descendiente de aquel Robert Bruce que a comienzos del siglo XIV independizó a Escocia de Inglaterra. Desde 1895, tres años después de su muerte, una placa cercana a

la de Newton lo recuerda en la abadía de Westminster. En la matemática los métodos que desarrolló para la solución numérica de ecuaciones diferenciales ordinarias, son la base de los llamados métodos predictor-corrector.

Lo que nos interesa destacar especialmente del trabajo de Adams y Leverrier es que la ley de gravitación universal les permitió hacer una conjetura de carácter lógico en los siguientes términos; o bien la ley era esencialmente incorrecta, cosa improbable ya que había demostrado sobradamente su consistencia en los fenómenos básicos de la mecánica, incluyendo las leyes de Kepler, o bien había otro planeta. Y lo hay. Y lo invisible dejó de serlo en este caso.

Leverrier quiso aplicar la misma metodología para explicar ciertas irregularidades observadas en Mercurio. Es sabido que la influencia gravitatoria entre los planetas del sistema solar afecta perceptiblemente a las órbitas de los mismos, aunque no de manera significativa. En el caso de Mercurio, que tiene un año de 88 días terrestres, su órbita rota en el sentido de traslación, manteniendo fijo el foco solar. Esta rotación debería ser de 5 segundos de arco por año mercuriano. Lo que Leverrier determinó es que esta rotación en realidad es de 5,5 segundos de arco por año mercuriano y esta discrepancia con la previsión teórica indujo a Leverrier a buscar durante largo tiempo un planeta más cercano al sol que Mercurio. Sus esfuerzos fueron infructuosos porque no hay tal planeta. El misterio fue develado mucho después de la muerte de Leverrier.

En 1915, Albert Einstein publicó su trabajo sobre la teoría general de la relatividad con la que se extiende la teoría gravitatoria de Newton. El trabajo fue estudiado por el notable astrónomo Karl Schwarzschild, mientras se hallaba en el frente de la primer guerra mundial. En 1916 Schwarzschild le envía una carta a Einstein en la que en pocas líneas exhibe la solución a las ecuaciones planteadas en su trabajo y Einstein le contesta maravillado por la sencillez y elegancia de la solución. Lamentablemente, esta incipiente relación se interrumpió poco después ese mismo año por la muerte en el frente de Schwarzschild. Una aplicación de la solución hallada por Schwarzschild al caso de un cuerpo pequeño orbitando cerca de una estrella permite predecir las «inexactitudes» observadas por Leverrier en el movimiento orbital de Mercurio. De este modo, la solución hallada por Schwarzschild, no solo permite resolver

un problema preexistente sino que también muestra la importancia del trabajo de Einstein con un problema no resoluble en el marco relativamente estrecho de la mecánica newtoniana.

Sin embargo, el método desarrollado por Adams y Leverrier volvería a dar fruto. Hay perturbaciones en el movimiento tanto de Urano como de Neptuno que no se explican como las de Mercurio y ya desde 1905 se pensaba que las fuerzas que las provocaban se debían a otro planeta desconocido. Después de veinticinco años de búsqueda, el observatorio fundado en Arizona por Percival Lowell, que había sido quien originó e hizo los cálculos para tal búsqueda, dio a conocer la noticia de que allá lejos estaba Plutón. Lowell había muerto catorce años antes pero seguramente hubiera festejado por partida doble porque era la fecha de su nacimiento. Como si eso fuera poco, era también el aniversario del descubrimiento de Urano. Otro astrónomo, W. Pickering había iniciado una búsqueda semejante en 1909, desde el observatorio del monte Wilson en California, pero no tuvo éxito; sin embargo cuando ya hecho el descubrimiento se revisaron los archivos del observatorio, se determinó que Plutón había sido fotografiado en 1919, sólo que a su imagen se superpuso una mancha de la emulsión fotográfica, que lo hizo pasar desapercibido.

Es curioso que, siendo la masa de Plutón muy pequeña para afectar significativamente el movimiento de gigantes como Urano y Neptuno, Lowell haya podido determinar su ubicación. Por eso y por irregularidades observadas en el sumamente irregular Plutón, se ha especulado con la existencia de un décimo planeta en nuestro sistema solar, el planeta X. A diferencia de los demás planetas, que tienen una trayectoria casi circular, con excepción del muy excéntrico Mercurio, Plutón tiene una trayectoria elíptica muy excéntrica, es decir con focos muy separados, aún más que Mercurio. Por ello, en su perihelio, cuando está más cerca del sol, lo está mucho más que Neptuno. El último perihelio ocurrió en 1989 y hasta 1999 estuvo más cerca del sol que Neptuno. Por esta razón se piensa que podría llegar a ser capturado como luna de Neptuno. Esto pondría la casa en orden para aquellos que piensan que la extrema oblongación de la órbita de Plutón se debe a que era una luna de Neptuno que por algún impacto cósmico fue transferida de una órbita neptuniana a una órbita solar. Un tal impacto explicaría también el hecho de que su eje de rotación

está prácticamente invertido, o sea que visto desde el polo norte terrestre o solar, mientras el sol, la tierra y casi todos los demás planetas rotan en sentido contrario a las agujas del reloj, el llamado sentido positivo, Plutón lo hace en sentido negativo.

En los últimos años del siglo XX han sido detectados planetas en otras estrellas, se ha podido fotografiar el nacimiento de galaxias y la colisión de otras, se ha podido determinar una enorme cantidad de información relevante del sistema solar, de Urano ya se conocen 21 lunas y de Saturno, 22. Gracias a la radioastronomía, al Voyager 2 y sobre todo al observatorio espacial Hubble se tiene la sensación de que esto es sólo el comienzo de una nueva época de la astronomía y la cosmología, en la que no hay vallas para la comprensión del universo. Sin embargo, hay viejos misterios, como el del planeta X, que todavía no han sido resueltos de manera irrefutable. Otro más reciente es cómo explicar que la temperatura en la superficie del sol oscile entre los 5.000 y 6.000 grados centígrados, mientras que en la corona que lo rodea pueda llegar a los 2.000.000 de grados. Sobre lo que no hay duda es que los niveles de conocimiento y comprensión del universo alcanzados en la segunda mitad del siglo XX demuestran que los caminos de la ciencia, que no suelen admitir atajos fáciles, dan respuestas consistentes a muchas de las incógnitas más importantes que plantea la curiosidad humana.

Volviendo al planeta X, algunos astrónomos sostienen que no hay tal planeta, porque las irregularidades que han hecho sospechar de su existencia no serían tales. Hay otros que siguen buscándolo y, por ejemplo, un equipo integrado por astrónomos norteamericanos y venezolanos del Observatorio CIDA de Mérida, aparentemente ha hallado en marzo del 2000 un planetóide de unos 650 kilómetros de diámetro con órbita entre las de Neptuno y Plutón. Este logro ha sido posible gracias a un telescopio de enorme poder, equipado con una cámara digital que detecta objetos que se desplazan o varían en su luminosidad. Ya en 1992, con el poderoso telescopio de Mauna Kea en Hawaii, fue descubierto un cuerpo importante más allá de Neptuno, con una órbita solar de 296 años. De éste se cree que es otro representante de la llamada nube de Kuiper, constituida por planetoides, así llamada en honor del fallecido G. P. Kuiper, quien conjeturó su existencia. De esa misma nube

puede haber provenido el cometa Shoemaker-Levy 9 cuya veintena de fragmentos se estrellaron ordenadamente en Júpiter en una semana en julio de 1994, ofreciendo a los amantes de la astronomía visiones de tormentas de tamaño superior al de nuestra tierra, que perduraron varios meses. Este espectáculo contrasta con el escasamente comprendido en su momento, el del pasaje del cometa Halley de 1301, que fue incluido como la estrella de Belén por Giotto en 1304 en su «Adoración de los magos». En el perihelio del cometa de 1456, Calixto III lo declaró un envío del demonio.

DE LOS PLANETAS A LOS MICROBIOS

El año en que muere Herschel nace Louis Pasteur. Mientras aquel usa el telescopio para escrutar los cielos, éste se sirve del microscopio para escrutar la vida invisible de nuestro planeta con un fin muy específico: proteger y defender a los hombres de la agresión de las enfermedades. Herschel terminó su larga y productiva vida escrutando los cristales de cuarzo. Pasteur comienza su vida científica estudiando cristales orgánicos y experimentando con ellos. Era sabido que el ácido racémico en solución produce rotación de un haz de luz polarizada que lo atraviese, mientras que el ácido tartárico de igual composición química y estructura no produce ninguna rotación. Con su microscopio descubre que los cristales de este último se pueden separar en dos, cosa que hace con una aguja; cada una de estas partes es la imagen especular de la otra. Cuando disuelve cada grupo de mitades, una solución rota la luz polarizada a derecha y la otra a izquierda, siendo ambas rotaciones de igual magnitud angular. Más sorprendentemente, los semicristales que se comportan como aquellos del ácido racémico son asimilables por microorganismos mientras que los otros no. A partir de estos experimentos, Pasteur elabora su teoría de la asimetría molecular, según la cual las propiedades biológicas de las sustancias químicas dependen no sólo de la naturaleza de los átomos que componen sus moléculas, sino también de cómo están distribuidos en el espacio. Más aún, sostiene que las moléculas asimétricas indican la presencia de vida. Todo esto anticipó el conocimiento del hecho de que las proteínas de los animales superiores se constituyen con aminoácidos «izquierdos», mientras que sus imágenes especulares no son usadas por las células animales.

Cuando ya doctorado es transferido a la universidad de Estrasburgo, Pasteur tiene la inmensa suerte de conocer a la hija del rector, Marie Laurent, quien acepta ser su esposa y lo acompañará de todas las maneras posibles durante el resto de su vida. En 1854 es designado decano y profesor de química de la facultad de ciencias de Lille, una de las grandes ciudades industriales del norte de Francia. En 1856, el padre de uno de sus alumnos, sabiendo de su interés por las aplicaciones de la ciencia, le pide ayuda para evitar que la fermentación de la remolacha resulte en la producción de ácido láctico en lugar de alcohol, que era el producto deseado. Con su microscopio, Pasteur se instala en la fábrica y descubre la presencia de microorganismos ajenos al proceso normal cuando el mismo culmina en la producción de ácido láctico; asimismo estos compuestos en las etapas preliminares rotaban la luz como lo hacían los cristales asimilables orgánicamente, lo que le indica la presencia de los microorganismos desde el comienzo del proceso. Es así que Pasteur descubre la causa y propone calentar moderadamente en un principio vino, leche y cerveza para eliminar los agentes patógenos para luego agregar cultivos de aquellos microbios y levaduras que producen las fermentaciones deseadas. Cuando fue invitado a participar de la polémica sobre la generación espontánea de seres vivos en determinados medios físico-químicos destruyó implacablemente los argumentos especulativos y verborágicos con experimentos tan sencillos como eficaces. Fue en esos años que el ministerio de agricultura solicitó la ayuda de Pasteur para combatir una plaga que amenazaba con destruir completamente la industria de la seda. Una vez más fue con su microscopio, vio y venció a la plaga después de detectar su evolución más temprana. Enseñó a los criadores de gusanos de seda cómo identificar a aquellos gusanos enfermos que debían ser eliminados y de este modo la industria de la seda en Francia, Italia y otros países europeos pudo salvarse de una destrucción cierta. El también había aprendido algunas cosas que serían importantes más tarde, como por ejemplo que gusanos sanos enfermaban si anidaban en hojas que habían sido usadas por gusanos enfermos; observó que variaciones en temperatura, humedad y ventilación podían influir en el desarrollo de la enfermedad como lo hacían la alimentación adecuada y el aislamiento de las cepas sanas. Todo esto le permitiría desarrollar las

nociones relativas a la influencia del medio ambiente en el contagio.

En 1868 Pasteur sufre una hemorragia cerebral que le causa una hemiplejía izquierda de la que nunca se recuperará completamente. Este episodio hace más destacable, si esto es posible, su trabajo posterior.

Hacia 1875 era aceptado que algunas enfermedades se desarrollaban en presencia de microorganismos específicos pero nadie parecía dispuesto a pensar o a aceptar que las enfermedades importantes podían ser causadas por microorganismos. Ya habían pasado diez años desde la publicación de su célebre teoría de los gérmenes y Pasteur abogó con vehemencia por la adopción de medidas preventivas de carácter higiénico en hospitales, quirófanos y la práctica médica en general. En Inglaterra, su colega y amigo Joseph Lister había conseguido reducir la mortandad en quirófanos en un 15 por ciento hacia 1860 con la adopción de simples medidas antisépticas. Lenta pero inexorablemente, sus esfuerzos permitieron derrotar a los argumentos simplistas y a veces cómodos de quienes se resistían a adoptar hábitos higiénicos y antisépticos en el ejercicio de la medicina. De este modo, muchas enfermedades y contagios que se producían por negligencias de apariencia insignificante y que permitían la propagación de gérmenes patógenos no visibles fueron disminuyendo en intensidad. Ocurre que lo que puede aparecer como insignificante para el ser humano, no lo es necesariamente en el nivel microscópico.

Dos calamidades de aquellos tiempos fueron el antrax y la rabia. El primero diezmaba el ganado de Francia y la segunda producía una muerte atroz en quien llegaba a sufrirla. En el primer caso, había sido Robert Koch quien había aislado el microorganismo que lo producía. Mediante la producción de cultivos atenuados en 50 generaciones sucesivas, Pasteur produjo la vacuna que al ser inoculada en un animal sano y por su escasa virulencia le permitía a su organismo desarrollar la capacidad para combatir con eficacia la agresión. Esta capacidad adquirida permitía al organismo defenderse con igual eficacia de posteriores ataques de microorganismos con su virulencia intacta. En el caso de la rabia, Pasteur y su colega Roux no pudieron identificar al agente patógeno pero lo localizaron en el cerebro y la médula espinal. Con extractos de médula de conejos enfermos que eran atenuados en lo que se conoce

como la botella de Roux, inyectaron a perros diariamente, al mismo tiempo que se aumentaba gradualmente la virulencia. Al cabo de doce días, los perros habían desarrollado inmunidad a mordeduras de animales enfermos y también a la inyección en el cerebro de extractos no atenuados. Sin embargo, Pasteur sostuvo que antes de ensayar la vacuna con seres humanos, debía conocerse mejor la enfermedad. La vida lo quiso de otra manera. Un año después, el 6 de julio de 1886, llegaron al laboratorio de Pasteur un niño de 9 años, Joseph Meister, y su madre. Joseph había sido mordido repetidamente dos días antes por un perro rabioso y sus heridas apenas le permitían caminar. Pasteur ya había tratado con la vacuna a unos cuarenta perros, que en su mayoría se salvaron. Luego de muchas cavilaciones y consultas con colegas, se decidió a tratar al niño, quien se recuperó totalmente y se mantuvo sano toda su vida. De ahí a su muerte, ocurrida en 1895, Pasteur debió recibir y tratar a personas que llegaban de todas partes y que habían sido mordidas por perros o lobos rabiosos. Fue necesario crear institutos Pasteur en muchos lugares, incluso tres en Estados Unidos.

En 1940 Joseph Meister trabajaba como portero del instituto Pasteur en París; cuando los ocupantes alemanes le ordenaron abrir la cripta donde se encontraban los restos de Pasteur prefirió suicidarse.

Hasta bien avanzado el siglo XX, muchas enfermedades que causaban estragos fueron derrotadas gracias a las técnicas que desarrolló Pasteur. Un claro ejemplo es el de la vacuna antituberculosa BCG desarrollada por su discípulo Albert Calmette trabajando con el más joven Camille Guérin. Sin embargo, una larga polémica lo había enfrentado con Claude Bernard, acerca de si era más importante el agente patógeno, el microbio, o el equilibrio del organismo, en la producción de la enfermedad. Muchas veces había reflexionado Pasteur acerca de si no habría sido mejor intentar el otro camino, ya que el estado fisiológico y hasta los estados emocionales afectan profundamente la evolución y resultado de las enfermedades infecciosas. Su preocupación por esta cuestión lo llevó a decir en su lecho de muerte « Bernard avait raison. Le germe n'est rien, c'est le terrain qui est tout » (Bernard tenía razón. El germen no es nada, el terreno lo es todo). En este punto es necesario señalar que el proceso de pasteurización de la leche solamente, al bajar drásticamente la mortandad

infantil, elevó la expectativa de vida al nacer en muchos años a partir de las tres décadas finales del siglo XIX. La profunda espiritualidad de Pasteur no le impidió ser un científico que nunca aceptó dogmas ni verdades cómodas en la ciencia y los combatió contundentemente cuando lo creyó necesario. El episodio con Bernard ilustra sobradamente su honestidad en este aspecto.

En su libro dedicado a revoluciones en la ciencia, I. Bernard Cohen dedica siete de sus treinta capítulos al progreso científico en el siglo XIX; el séptimo lleva el título «The Freudian Revolution» (La revolución freudiana) y comienza diciendo que las tres revoluciones más grandes del siglo XIX están asociadas con los nombres de Karl Marx, Charles Darwin, y Sigmund Freud. Resulta curioso al menos, que la única mención que se hace de Pasteur en todo el libro es indirecta y proviene de la cita de un comentario de Freud; cuando Marie Bonaparte, princesa y paciente, afirmó una vez que Freud era «una mezcla de Pasteur y Kant,» Freud contestó que se sentía halagado pero que no estaba de acuerdo; no porque fuera modesto, al contrario; tenía una elevada opinión de lo que había descubierto, aunque no de sí mismo; los grandes descubridores no son necesariamente grandes hombres, sostuvo; quién había cambiado el mundo más que Colón? Y qué era él? Un aventurero. Tenía carácter, es cierto, pero no era un gran hombre. Así que se puede descubrir grandes cosas sin ser verdaderamente grande, concluyó. A diferencia de Bernard Cohen, la Encyclopædia Britannica, por ejemplo, sostiene entre otras cosas que Louis Pasteur llevó a cabo una verdadera revolución en el método científico del siglo XIX. Herschel con sus telescopios aplicó la herencia experimental de Galileo Galilei y consiguió poner en evidencia que había objetos importantes en el universo que no eran visibles fácilmente, que no eran como se creía que eran, que no se comportaban como se creía que se comportaban. Pasteur, con la herencia de Robert Hooke, quien entre otras cosas fué el primero en hablar de células, hizo algo semejante con los microbios y las enfermedades. Sin embargo, así como Adams hubo de dar un paso más allá de lo que había hecho Herschel para poder explicar lo aparentemente inexplicable, un paso semejante es dado por Pasteur respecto de sí mismo en el caso de la rabia. No habiendo podido detectar un microbio que la produjera, procedió cautelosamente como si lo hubiera y determinó

la manera de vencerlo sin verlo. Ahora sabemos que se trataba de un virus.

EL MUNDO INVISIBLE DEL HOMBRE

Si bien hay antecedentes históricos anteriores, es en el siglo XIX que se comienza a usar la hipnosis con objetivos específicamente médicos. En éste sentido las confusas teorías de Franz Mesmer y sus seguidores sólo tienen el valor de antecedentes históricos. James Braid, un cirujano escocés, fué el primero en despojar al tema de sus aspectos circenses, y analizarlo con la modestia de un científico en busca de la verdad. Observó que el elemento fundamental en el trance hipnótico era el hipnotizado, no el hipnotizador. Más aún, era necesario que aquél concentrara toda su atención en un objeto lo más simple posible para que la inducción verbal produjera el trance hipnótico. Obviamente, para todo esto era conveniente que el hipnotizado se relajara adecuadamente.

Aunque Jean Martin Charcot no tenía una formulación teórica clara del fenómeno hipnótico, era un excelente hipnotizador y un excelente observador clínico, lo que le permitió desentrañar muchos misterios de la histeria y contribuir al desarrollo de la psiquiatría. Su discípulo Pierre Janet se desprendió de la confusión mesmeriana que afectaba a Charcot en su concepción teórica, y propuso como objetivo fundamental de la inducción hipnótica la disociación de la actividad consciente, de manera que emergiera libremente el sistema de ideas y funciones que constituyen la personalidad, es decir sin la interferencia y el control de la zona de la actividad mental que domina la vida de relación habitual. Janet llamó subconsciente al sector liberado por tal disociación.

Otro discípulo de Charcot, aunque sólo durante un período relativamente breve, fue Sigmund Freud, quien volvió a Viena muy entusiasmado por los resultados alcanzados por Charcot en el tratamiento con hipnosis de la histeria. También estuvo durante un período en Nancy, aprendiendo con el otro gran maestro de la época, Hippolyte-Marie Bernheim, quien discrepaba con Charcot, pues sostenía que la hipnotizabilidad era una condición generalizada que no era característica de la histeria.

Tres años antes, en 1882, Freud se había interesado mucho por los detalles de un caso tratado por su colega Josef Breuer, el caso de Anna O., a quien Breuer trató con un cierto éxito combi-

nando hipnosis con lo que él designaba como método catártico, o bien de aplicación diaria e ilimitada en el tiempo. El tratamiento debió ser interrumpido cuando comenzó a afectar la vida personal de Breuer. Es útil mencionar dos elementos del caso Anna O.; primero, es que la paciente oscilaba entre dos estados marcadamente diferenciados, uno de niña caprichosa y el otro de joven adulta, y que el paso de uno a otro estaba caracterizado por un proceso de auto-hipnosis; el Segundo elemento es que en una ocasión un síntoma desapareció completamente cuando la paciente pudo recordar, con todos sus detalles, la primera vez en que se había manifestado.

Con todos los elementos del caso Anna O., Breuer y Freud escribieron un libro sobre la histeria y mantuvieron una amistad intensa y prolongada, aunque Breuer perdió interés en colaborar con Freud cuando éste comenzó a sostener obstinadamente que todos los sueños tienen un componente sexual que los determina. Es importante recordar aquí que en la elaboración de lo que se dio en llamar psicoanálisis y hasta que tuvo casi 60 años, Freud atribuyó normalmente sus logros a las enseñanzas de Breuer.

Es dable suponer que en la segunda mitad del siglo XIX, en muchos hogares europeos de carácter burgués, nombres como Darwin, Pasteur, Adams y Leverrier fueran mencionados con alguna frecuencia y con respeto. Freud estaba muy al corriente del trabajo de los dos primeros y seguramente también de las características del descubrimiento de Neptuno. En la primera parte de sus lecciones introductorias al psicoanálisis, dedicada al análisis de los actos fallidos, Freud los presenta a través de ejemplos, en donde hay siempre una perturbación de origen desconocido que provoca el lapsus. Analizando detalladamente, hace notar que el acto fallido siempre adquiere coherencia si se admite que hay una intención oculta hasta para el sujeto que lo produce. De este modo, por las perturbaciones en la actividad consciente, para explicarlas y para darle coherencia a los actos fallidos, Freud hace ver la conveniencia de conjeturar conceptualmente el inconsciente. En otros términos, el inocente lapsus se transforma en el sospechoso acto fallido. Y en analogía con el descubrimiento de Neptuno por las perturbaciones producidas en Urano, en palabras de uso familiar, podemos decir que para poder explicar las perturbaciones de la actividad cons-

ciente es necesario admitir la existencia del inconsciente. Con respecto a la teoría de los sueños elaborada por Freud y por la que esperaba grandes reconocimientos futuros, según lo manifestara en una carta a su amigo Wilhelm Fliess, él atribuye parte del mérito a la sabiduría popular, que siempre supo darle a cada sueño alguna clase de significado. Es bien sabido que Freud viajó por Grecia y que se inspiró en la tragedia griega para alguno de sus desarrollos. Es probable que para su teoría de los sueños se haya inspirado en el episodio de la antigua Grecia que describimos a continuación. En el Peloponeso, cerca del istmo de Corinto, se encuentra el antiguo teatro de Epidauró. Allí están los restos de testimonios tallados en piedra de lo que fue una especie de hospital hace más de 2500 años. Los futuros pacientes llegaban, se higienizaban y vestían con una túnica especial; explicaban su problema y pagaban el anticipo de su tratamiento. Esa noche dormían sobre un lecho de piedra especial para la ocasión y a la mañana siguiente relataban cuáles habían sido sus sueños esa noche. Estos debían ser interpretados para poder entender el origen de la enfermedad. El tratamiento era continuado con preparados de hierbas de la zona. Una vez producida la curación, el paciente abonaba el costo de su tratamiento y se retiraba. Tiempo después, Hipócrates descarta este tipo de práctica médica en el que la interpretación o adivinación afortunadas eran decisivas, y propone en cambio una medicina en la que la observación y la experimentación son los elementos básicos para la formulación de tratamientos. Hay en la teoría freudiana un componente sistemático que muestra su interés en la construcción de una teoría coherente y sobre todo completa; es el de establecer lo que en matemática se llama una teoría axiomática. Se postulan un conjunto de verdades básicas a partir de las cuales el juego de la razón, respetando y utilizando los axiomas, deduce los posibles teoremas. El método fue establecido para la geometría plana por el griego Euclides; se trata de un método fructífero en muchas áreas de la matemática, aunque no necesariamente en todas. Durante el siglo XIX, con el desarrollo de las geometrías no euclidianas, aumenta el interés por el método axiomático hasta el punto en que el matemático alemán David Hilbert incluye en una lista de problemas centrales de la matemática, formulada para el siglo XX, el problema de axiomatizar la aritmética básica. En 1931 un joven matemático vienés, Kurt Gödel, demuestra un resultado de inesperada y sorprendente profundi-

dad; el problema formulado por Hilbert es indecidible; esto quiere decir que en cualquier teoría axiomática que se establezca para la aritmética; si la teoría es libre de contradicción, es decir si no surge de ella ningún teorema que pueda ser falso y verdadero al mismo tiempo, entonces tiene a su vez teoremas que no son ni verdaderos ni falsos. Fue un resultado tan sorprendente como inquietante para la comunidad matemática, y se tardó en digerirlo. Sería interesante poder llegar a saber si Freud conoció a Gödel o si supo por otra vía de las limitaciones del método axiomático en la matemática. Pocos años más tarde, ambos habrían de verse obligados al exilio, Freud en Londres y Gödel en Estados Unidos; para Freud fue una experiencia tan amarga como injusta, aunque la tomó con ironía insuperable. Volviendo a la formulación axiomática en la teoría freudiana, la misma estaba basada casi exclusivamente en su experiencia terapéutica personal; no estaba basada en la experimentación controlada y verificable. Un ejemplo extremo es el siguiente. En otra de sus cartas a Fliess, Freud escribe: «Se me apareció una idea de valor general. He encontrado también en mi caso el fenómeno de estar enamorado de mi madre y celoso de mi padre, y ahora lo considero un evento universal en la infancia». Esta metodología ha suscitado críticas de distinto valor; ejemplos de ellas se encuentran en los libros de Robert Youngson y los de Hans Eysenck; de estos últimos mencionamos al que con su título parodia al clásico de Gibbon. Hay una crítica que se puede formular aquí sin necesidad de salir del marco establecido por las lecciones introductoras. El complejo de castración, según Freud, implica que las mujeres no puedan adherir a un sistema de valores, ya que, al considerarse injustamente castigadas, van a actuar deshonestamente. El razonamiento es interesante, más allá de que uno admita el axioma en que está basado. Si uno lo hace, la conclusión es difícilmente rebatible. Lo que consideramos es que el axioma no se puede fundamentar en la experiencia. Precisamente, en tiempos prehistóricos los hombres exaltaron la figura femenina mucho más que la masculina, por su capacidad para generar la vida y protegerla, y en lo esencial, la tendencia se ha mantenido. Esto sugiere que, si hay complejo, es en el hombre. Y aquí, razonando como pensamos que lo haría Freud, uno puede considerar al entusiasmo que a menudo han demostrado los hombres por la guerra como una manifestación de la envidia masculina. Si no podemos generar la vida, demostramos nuestro descontento destruyéndola. Este

descontento puede explicar muchas otras cosas, incluido el intento visible en casi todas las culturas y religiones mayores por relegar a la mujer a un papel menor en la vida social. Afortunadamente, en los últimos siglos, la ciencia ha demostrado que el papel masculino es tan necesario como el femenino en la generación de la vida humana. Pensamos que esto permitirá que los hombres pierdan gradualmente aquel entusiasmo y lo sustituyan por algo más útil y constructivo. Las dificultades no son pocas. El intento freudiano de definir un conjunto de verdades básicas a partir de las cuales sea posible comprender y curar la enfermedad mental, tiene muchos puntos en común, metodológicamente hablando, con la teoría del universo y de la cinemática propuestas por Aristóteles. La misma estaba basada en la intuición personal de Aristóteles, talentosa pero excluyente, y en evitar toda experimentación. Cabe recordar que Aristóteles proponía como metodología el análisis de casos particulares como paso previo para la formulación de teorías generales. Entre los errores más serios de Aristóteles se cuentan precisamente los que sirvieron de fundamento al sistema que se dio en llamar tolemaico y aquellos que tienen que ver con el movimiento y caída de los cuerpos. El mundo tuvo que esperar más de dieciocho siglos para que Copérnico, Kepler y sobre todo Galileo sentaran las bases de la ciencia moderna y mostraran la falsedad de los dogmas aristotélicos en el ámbito científico. Es interesante hacer notar que ya Aristarco de Samos, la tierra de Pitágoras, había propuesto la teoría heliocéntrica, pero la misma no prosperó porque los recursos de la época no permitieron probarla. Y el prestigio filosófico de Aristóteles aseguró a nuestro planeta un papel central que no tiene. Conviene recordar que la parte más significativa del trabajo de Galileo estuvo siempre fundamentada en experimentos y observaciones. Fue con ellos que liberó a la cinemática de los errores de las formulaciones axiomáticas de Aristóteles. Al mismo tiempo, con un telescopio de escaso poder, Galileo observó a la luna y los planetas conocidos en su época y estuvo en condiciones de demostrar de manera irrefutable la falsedad de la teoría tolemaica y la validez esencial de la teoría copernicana. Es conveniente reiterar que, si bien el método axiomático puede ser muy útil en matemática, en otras disciplinas científicas requiere un uso mucho más cuidadoso para evitar caer en el dogmatismo, que es una forma de conocimiento ajena al mundo científico. Lamentablemente, la ciencia ha sido demorada muchas veces por distin-

tas formas de dogmatismo, exógenas o endógenas, y algunas veces los daños han sido importantes, como ha sido el caso con los disparates de Trofim Denisovich Lysenko en la biología.

Recientemente ha sido publicado el interesante diario clínico de Sandor Ferenczi, quien probablemente fuera el discípulo más apreciado de Freud. La publicación se demoró más de cincuenta años pues, enviado a la familia de Freud después de muerto Ferenczi, ésta pidió que no fuera dado a publicidad. El diario muestra a Ferenczi deseoso de curar respetando la independencia de los pacientes, evitando la transferencia infantilizante, que choca con un Freud fundamentalmente interesado en el avance inexorable de la teoría, después de haber llegado a la amarga conclusión de que los histéricos mienten. Cabe señalar que Freud manifestó repetidamente que no veía futuro para el psicoanálisis como terapia y sí como teoría de la mente.

En las últimas décadas se han producido desarrollos en la psicología, la neurología y el estudio del cerebro humano, que permiten entrever, como lo supo prever Freud, un interés decreciente por las posibilidades terapéuticas del psicoanálisis. Quizá se mantenga o inclusive aumente el interés que puede suscitar desde un punto de vista filosófico. La importancia de la palabra y del saber escuchar son en cambio elementos de trabajo que han sido rescatados e incorporados por la práctica psiquiátrica en general. Basado esencialmente en estos elementos, Ronald Laing y otros llevaron adelante un intento mayor de tratar la esquizofrenia que, si bien ha sido profundo y conmovedor, no parece haber alcanzado resultados satisfactorios. Ocurre que en esta patología, que ha sido redefinida muchas veces a lo largo del siglo XX, suele haber un entrelazamiento de deficiencias orgánicas y funcionales, por lo que un tratamiento enfocado sobre estas últimas solamente, no permite superar la patología. Por ejemplo, hay casos en que su origen está en una deficiencia importante de litio y la administración controlada de este elemento restablece un funcionamiento normal y satisfactorio del sistema nervioso. Hay otros casos en los que el origen parece estar en la incapacidad para un ejercicio normal de la volición y que se resuelven adecuadamente con la administración de dopamina. También hay casos en los que la causa es una inadecuada coordinación de las actividades de ambos hemisferios cerebrales, para lo cual hay distintas posibilidades de tratamiento. Hay intentos de rescatar al psicoanálisis de su inconsistencia científica que pueden ser valiosos, como por ejemplo el que

se encuentra en el libro de Springer y Deutsch, así como el de Jean-Pierre Changeux.

Cabe recordar que hubo desarrollos en la psicología que recibieron mucha menos atención que el psicoanálisis por parte de los medios de comunicación y en el ámbito público en general, aunque sí la recibieron en el ámbito científico. Quizás los más importantes sean los originados en las investigaciones de Ivan Pavlov. Esos desarrollos han acrecentado constantemente su prestigio y han servido de base para el estudio científico del aprendizaje y de la modificación de la conducta, entre otros logros. La teoría del condicionamiento de Pavlov, también llamado clásico, ha sido complementada en el ámbito anglosajón por la no menos importante teoría del condicionamiento operante; ambas proveen a la psicología de instrumentos conceptuales fundamentados científicamente y cuantificables. Por ejemplo, con los métodos resultantes, que pueden incluir la utilización de un galvanómetro, el tratamiento de las fobias es un procedimiento rápido y de resultados satisfactorios permanentes. Una característica común de estos tratamientos para desórdenes psicológicos en los que el que los padece es consciente de ellos, es que son específicos y el sujeto es alentado a tener un papel activo y determinante en ellos.

Flota por encima de la teoría psicoanalítica la sombra de los «Versos de oro» de Pitágoras, cuando recomiendan revisar diariamente lo hecho, lo actuado, lo verdadero y lo falso, lo agradable y lo que no lo es, sin permitir que nuestra cabeza se encamine hacia el sueño reparador antes de haber completado satisfactoriamente esta tarea de higiene cotidiana; esta práctica, solitaria, con el tiempo permite al individuo alcanzar nuevas posibilidades de desarrollo y satisfacción personales. No tenemos duda de que esto también era conocido por los que lo incorporaron de distintas maneras a la práctica individual de las grandes religiones. En su magnífico estudio sobre los gurúes, entre los que incluye a Freud y a Carl Gustav Jung, el psiquiatra Anthony Storr sugiere mantener un diario personal para poder controlar desórdenes psicológicos menores; y no ser controlado, agregamos. Es posible que un buen complemento, aunque nunca un sustituto, sea cultivar una amistad en donde el diálogo regular sea fuente de crecimiento espiritual.

Para concluir esta breve excursión por el mundo de la ciencia y lo invisible puede ser útil recordar los siguientes versos de «Efigenia en Tauris» de Eurípides:

Los hombres más sabios siguen su propio camino.

Y no escuchan a ningún profeta que quiera guiarlos.

Sólo los necios creen en oráculos, Renegando de su propio juicio. Aquellos que saben, Saben que tales seres sólo consiguen sufrimientos.

BIBLIOGRAFÍA

- Bernal, J. D. (1971): *Science in History*. The M.I.T. Press. Cambridge, Massachusetts.
- Cohen, I. Bernard (1985): *Revolution in Science*. The Belknap Press of Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts.
- Changeux, Jean-Pierre (1983): *L'homme Neuronal*. Librairie Arthème Fayard, Paris.
- David, Anthony S. y Cutting, John C. (Eds) (1994): *The Neuropsychology of Schizophrenia*. Lawrence Erlbaum Associates, Hove (UK), Hillsdale (USA).
- Encyclopedia Britannica (1997). CD Edition.
- Eysenck, Hans (1992): *Decline and Fall of the Freudian Empire*. Penguin Books Ltd, Harmondsworth, Middlesex.
- Ferenczi, Sandor (1988): *The Clinical Diary of Sandor Ferenczi*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- Freud, Sigmund (1980): *Vorlesungen zur Einführung in die Psychoanalyse und Neue Folge*. S. Fischer Verlag GmbH, Frankfurt am Main.
- Galilei, Galileo (1996): *Dialogo dei Massimi Sistemi*. Grandi Classici, Oscar Mondadori, Milano.
- Holton, Gerald (1985): *Introduction to Concepts and Theories in Physical Science*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Keppler, Erhard (1982): *Sonne, Monde und Planeten*. R. Piper Verlag, München, Zürich.
- Laing, R. D. (1965): *The Divided Self*. Penguin Books Ltd, Harmondsworth, Middlesex.
- Moore, Patrick (1995): *Astronomy*. Hodder and Stoughton Ltd, London.
- Nagel, Ernest y Newman, James (1958): *Gödel's Proof*. New York University Press, New York.
- Pitagora (1968): *I Versi d'Oro*. Vanni Scheiwiller. Milano.
- Roazen, Paul (1978): *Freud y sus Discípulos*. Alianza Editorial, Madrid.
- Springer, Sally y Deutsch, Georg (1985): *Left Brain, Right Brain*. W. H. Freeman and Company, New York.
- Storr, Anthony (1996): *Feet of Clay*. The Free Press. New York.
- Youngson, Robert (1998): *Scientific Blunders*. Constable and Robinson Ltd, London.
- Youngson, Robert y Schott, Ian (1996): *Medical Blunders*. Constable and Robinson Ltd, London.

LA RUEDA PERPETUA DEL CICLO CELULAR. LOS MECANISMOS QUE LO REGULAN

Omar A. Coso, Ignacio Nojek y
Tamara Tanos

Laboratorio de Fisiología y Biología
Molecular, FCEN-UBA
e-mail: coso@bg.fcen.uba.ar

La división celular es el camino básico de propagación de la vida en la tierra. Observaciones hechas en el siglo pasado sugirieron la siguiente idea: *todas las células se originan por división de otra similar preexistente*. Este comportamiento es repetido una y otra vez y así es como de una única célula se pueden originar millones de hijas iguales. El "ciclo celular" juega un papel central en la operación y en el desarrollo de toda forma de vida y en asegurar su continuidad a través del tiempo. En especies unicelulares, cada ronda del ciclo produce nuevos organismos mientras que para especies multicelulares, la generación de un nuevo organismo es un proceso más complicado. Sin embargo, para asegurar el crecimiento y desarrollo saludable de organismos complejos como el nuestro, es necesario que cada una de sus células conserve un control adecuado y firmemente regulado del ciclo de división. Si las CDKs solas son inactivas, entonces la conexión entre la llegada de señales proliferativas y el encendido del ciclo replicativo estaría dado por la aparición y desaparición de ciclinas, o sea en los promotores de la expresión de sus genes.

Como una célula es lo que es gracias a la información que lleva su material hereditario, antes de que se produzca la división celular el ADN debe duplicarse asegurando que una copia de cada uno de sus genes este disponible para cada hija. Solo entonces se permite la división de las células que es disparada en respuesta a una variedad de estímulos los cuales son analizados e integrados por un complejo sistema de transducción de señales. A su vez, esa interpretación depende de cada tipo celular, de su contexto orgánico, de su grado de diferenciación y del estado fisiológico general del organismo del cual forman parte. El "Ciclo Celular" es comúnmente representado como un anillo o rueda en el cual se indican los sucesivos eventos que deben repetirse en forma ordenada ante cada disparo del ciclo. Errores en su regulación pueden dar lugar a patologías tan variadas como malformaciones en el desarrollo (letales o no), o a la formación de tumores.

Conocer los detalles del control de la replicación celular a nivel molecular es de primordial importancia para los biólogos, médicos y genetistas en la actualidad. En octubre de 2001, los científicos Paul Nurse, Tim Hunt y Lee Hartwell recibieron el premio Nobel de Fisiología y Medicina. El premio se debe a que las observaciones de cada uno de ellos reunidas en un modelo único,

permitió caracterizar uno de los pasos de control o llaves moleculares que se abren permitiendo que se sucedan las fases características del ciclo de división celular. Este es el mecanismo de ciclinas (Cyc) y proteínas quinasas dependientes de ciclinas (CDKs). En esta revisión pretendemos discutir algunos aspectos generales del ciclo celular, saltando los eventos de segregación cromosómica que pueden ser leídos en textos generales de biología celular y concentrándonos en los eventos de control a nivel molecular. Comentaremos, algunos mecanismos básicos de señalización, los descubrimientos de Nurse, Hunt y Hartwell y luego nos extenderemos en algunas consideraciones más detalladas intentando, sin perder la simplicidad, llegar al estado actual del conocimiento.

GENERALIDADES DEL CICLO CELULAR

Para comenzar sería conveniente repasar las etapas o fases con las que comúnmente se representa el ciclo celular. Un círculo, anillo o rueda como el que se representa en la tapa de esta edición tiene marcadas cuatro zonas bien diferenciadas las cuales se alternan en el tiempo siguiendo siempre la misma sucesión. Dos de estas etapas son críticas. Una de éstas es la fase S,

aquella durante la cual se produce la síntesis de ADN necesaria para que ambas células hijas contengan la misma información genética. La otra es la fase M, que comienza solo cuando la duplicación del ADN fue efectiva y completa y consiste en la famosa danza de desensamblado del núcleo, separación ordenada de los cromosomas y, por último, partición de los citoplasmas. Entre estas se encuentran las fases G. Durante G1, que precede a S, se enciende el ciclo, la célula "decide", teniendo en cuenta el estado de una variedad de estímulos ambientales, si es conveniente o no embarcarse en un ciclo de división, y una vez superado ese punto de restricción, comienza la división del ADN. Una descripción detallada de los eventos que ocurren durante G1 será tratada más adelante. La fase G2 tiene importancia dado que durante esa fase se corrigen errores que pudiesen haber ocurrido durante la duplicación del ADN y así prevenir que esos errores se transmitan a las células hijas. A continuación de la fase M y a su término, las células pueden reiniciar directamente desde G1 o entrar a G0, una fase similar a los estadios tempranos de G1. Las células en G0 son quiescentes desde el punto de vista replicativo. En resumen, el orden de las fases del ciclo celular sería, siguiendo la dirección de la flecha del tiempo, G1, S, G2 y M.

QUE ES UN SISTEMA TRANSDUCTOR DE SEÑALES?

Las células responden a cambios en el medio ambiente mediante respuestas que abarcan desde cambios solamente bioquímicos hasta severas transformaciones morfológicas. Las consecuencias incluyen respuestas adaptativas en un individuo unicelular o un rearrreglo de la arquitectura de un órgano en un individuo pluricelular en desarrollo.

Una célula puede permanecer quieta, dividirse, diferenciarse e incluso morir de acuerdo a lo que ella misma es capaz de sentir está ocurriendo en su vecindad o como respuesta a mensajes originados en zonas distantes del organismo del cual forma parte. Sea uno u otro el destino que la célula adopte, la "decisión" involucra casi siempre un cambio en el patrón de expresión de sus genes. La pregunta lógica es entonces: - ¿Cómo es que los genes en el núcleo de la célula "saben" que es lo que ocurre en el exterior y cómo se ordena la respuesta adecuada? La respuesta está dada por los sistemas de transducción de las señales. Estos están formados por cadenas o cascadas de proteínas. El funcionamiento de estas implica que una molécula le transfiere la información a la siguiente desde el exterior de la célula a través de la membrana plasmática, el citoplasma y la membrana nuclear hasta hacer blanco en los promotores que regulan la expresión génica, encendiéndolos o apagándolos.

Componentes clásicos de un sistema transductor de señales son: i) una molécula receptora insertada en la membrana plasmática que cambia su conformación dependiendo de la presencia o ausencia de una hormona en el exterior; ii) uno o más adaptadores en el citoplasma que son sensibles a los cambios que la molécula receptora presenta hacia adentro cuando ha contactado una señal en el exterior; iii) proteínas quinasas que fosforilan un sustrato en respuesta a una fosforilación en sí mismas, las cuales contactan unas a otras en forma sucesiva y conforman una cascada de eventos de fosforilación; iv) proteínas intermediarias cuya función es dependiente de nucleótidos de guanina (GDP o GTP) y v) por último, los factores de transcripción quienes contactan físicamente y llevan la información a los promotores nucleares.

COMO ES EL MECANISMO DE "LLAVE" DESCUBIERTO POR NURSE, HUNT Y HARTWELL?

Gran parte de la información que hoy conocemos acerca del ciclo celular pro-

viene de experimentos hechos con levaduras, los más simples de los organismos eucariotas.

La forma y comportamiento de una célula está dada por su constitución genética y por la porción de su "genoma" que cada célula expresa (ver Ciencia e Investigación, Tomo 54 Vol. 1 "El genoma humano" por Juan Carlos Calvo). La información presente en los genes es ejecutada por las proteínas para las cuales ellos codifican, las proteínas constituyen el medio por el cual los genes se expresan.

Lee Hartwell razonó del siguiente modo: "si pudiese aislar levaduras que presenten dificultades para duplicarse e identificar qué genes han mutado en ellas que las diferencian de sus parientes sanas, podría tener pistas acerca de la naturaleza de las proteínas que conducen la división de estas células". Así fue como los primeros mutantes de Hartwell fueron aislados en los años '60. En la década siguiente, Paul Nurse usó un enfoque similar para encontrar genes (y sus correspondientes proteínas) responsables de acelerar el proceso de división celular. A su labor le debemos la identificación de las enzimas conocidas en forma general como CDK. El rol de estas proteínas es modificar otras mediante fosforilación y así promover la síntesis de ADN iniciando por consiguiente otra vuelta de duplicación. Nurse avanzó un paso más allá al encontrar que las células humanas tienen sus propias CDKs con funciones análogas a las de levaduras.

Sin embargo, los descubrimientos de Hartwell y Nurse no explicaban la naturaleza cíclica del proceso. Si las CDKs están siempre presentes: -"porque no habría de dispararse la división celular en forma continua?-. Tim Hunt fue el encargado de proveer el dato faltante al descubrir la existencia de "ciclinas". Estas proteínas aparecen en el encendido de cada ciclo replicativo pero desaparecen más tarde, solo para reaparecer al comienzo de otra vuelta. Mas aun, las CDKs se encienden y apagan acorde con la presencia o ausencia de ciclinas. Una CDK aislada no es activa, pero el conjunto ciclina + CDK posee la actividad fosforilativa. De ahí el nombre "Cyclin Dependent Kinases", o "proteínas quinasas dependientes de ciclinas".

Resumiendo, la "llave" de encendido del ciclo celular reside en los complejos CDK/ciclinas, los cuales son activos y promueven que continúe moviéndose la rueda

LOS FACTORES DE CRECIMIENTO Y LA TRANSDUCCION DE SUS SEÑALES.

Los factores de crecimiento semejantes al Factor de Crecimiento Epidérmico o "Epidermal Growth Factor" (EGF) son el ejemplo más citado de señales proliferativas. Existe una diversa gama de factores de crecimiento, hormonas de naturaleza proteica que son componentes comunes de la sangre de mamíferos como los humanos. Los factores de crecimiento constituyen elementos clave para la supervivencia y proliferación de las células que componen un organismo complejo. Una trivial prueba de esta afirmación viene dada por el hecho de que células humanas o de ratón mantenidas en cultivo celular son incapaces de crecer si no se les suministra como complemento de sus medios de cultivo, un cierto porcentaje de suero de origen bovino o equino como una fuente importante de factores de crecimiento.

Existirían dos series de eventos de señalización celular asociados a factores de crecimiento requeridos para disparar la proliferación celular. El primero comienza inmediatamente después de la llegada del factor a la superficie celular, continuando durante 30 a 60 minutos. El segundo claramente separado, se inicia 8 a 12 horas más tarde, ambos involucran directa o indirectamente el aumento en la síntesis de ciclinas y por consiguiente, un aumento de actividad de las CDKs.

La Figura 1 describe el mecanismo por el cual la señal provista por factores de crecimiento entra a la célula. Los factores de crecimiento son impermeables a la membrana plasmática, por lo tanto sus receptores deben poseer un modo de encontrarlos del lado externo a la célula. El receptor, es una proteína de tres dominios característicos, uno exterior a la célula que recibe a la hormona, otro intermembrana y un dominio citoplásmico con actividad de quinasas de tirosina. La unión al dominio extra citoplásmico del receptor es el primer paso de la activación de los caminos de transducción de señales dependientes de factores de crecimiento. Este proceso normalmente tiene aparejada la dimerización del receptor, no mostrada en la figura por cuestiones de simplicidad. El acoplamiento al receptor le ocasiona a este último una serie de cambios conformacionales que se extienden a través del dominio intermembrana y hacia el dominio interno de la molécula receptora. El segundo paso está dado por la activación de la actividad quinasa presente en el dominio citoplásmico del receptor. Como con-

secuencia, este se autofosforila y adquiere la capacidad de unirse a pequeñas proteínas adaptadoras como Shc o Grb-2, las cuales hacen de puente entre el receptor y una proteína llamada SOS. El reclutamiento de factores intercambiadores de GTP como SOS constituye el tercer paso clave en este mecanismo. SOS induce el cambio de GDP por GTP en la pequeña proteína G llamada p21-Ras. El término "proteína G" se refiere a la capacidad de unir nucleótidos de guanina y al hecho de que su actividad es dependiente de esta clase de nucleótido, mientras Ras-GDP es inactivo, Ras-GTP es activo. La activación de Ras por cargado de GTP requiere la asociación de SOS a la membrana y eso está dado mediante los adaptadores que ligan SOS al receptor de factores de crecimiento cuando está activado por la unión de la hormona. La interacción entre SOS y Ras es clave para que la señal, que ya ingresó a la célula, abandone el entorno del lado interno de la membrana plasmática y pueda ser dirigida hacia el citoplasma y finalmente al núcleo.

Posteriormente a la carga de GTP en Ras, varias cascadas de señalización pueden ser activadas pero describiremos solo una de ellas, la mejor caracterizada a la fecha, a modo de ejemplo, la cascada de proteínas quinasas activadas por mitógenos "Mitogen Activated Protein Kinases" (MAPKs). La forma activa Ras-GTP, es la encargada de activar la primera quinasa de la cascada citoplásmica, llamada Raf. Esta es una quinasa de quinasas de MAPK (MAPK-K-K) (Figura 1) y una vez contactada por Ras-GTP fosforila a MEK (quinasa de MAPKs o MAPK-K) en residuos de los aminoácidos serina o treonina, activándola en consecuencia. Por su parte, MEK es una quinasa de fosforilación dual, esto quiere decir que puede fosforilar tanto serinas y treoninas como tirosinas, fosforilando a las proteínas MAPKs Erk-1 o Erk-2 (Extracelular Regulated Kinases 1 y 2 o Quinasas Reguladas Extracelularmente 1 y 2), capacitándolas para activar a sus sustratos. Esta secuencia de activaciones sucesivas define la cascada de activación de Erk 1/2 compuesta por una pequeña proteína-G (Ras) y tres quinasas sucesivas: Raf-MEK-Erk1/2. Las MAPKs se localizan predominantemente en el citoplasmática en células quiescentes. Sin embargo, la estimulación de las células con factores de crecimiento da lugar a un aumento considerable de la cantidad de enzima MAPK

presente en el núcleo. Se entiende entonces que los blancos de la cascada sean factores de transcripción, proteínas que se unen a los promotores de genes. Su fosforilación aumenta su capacidad de estimular la producción de los ARN mensajeros y, por consiguiente, las proteínas correspondientes. La Figura 1 muestra que como consecuencia de

la activación de MAPKs, se activa la producción del ARN mensajeros y de la proteína ciclina D (Cyc D). Existen muchos otros ejemplos de regulación de la expresión génica por cascadas de señalización intracelular que tienen importancia en la continuidad del ciclo celular. Otro caso digno de mencionar es la activación de la en-

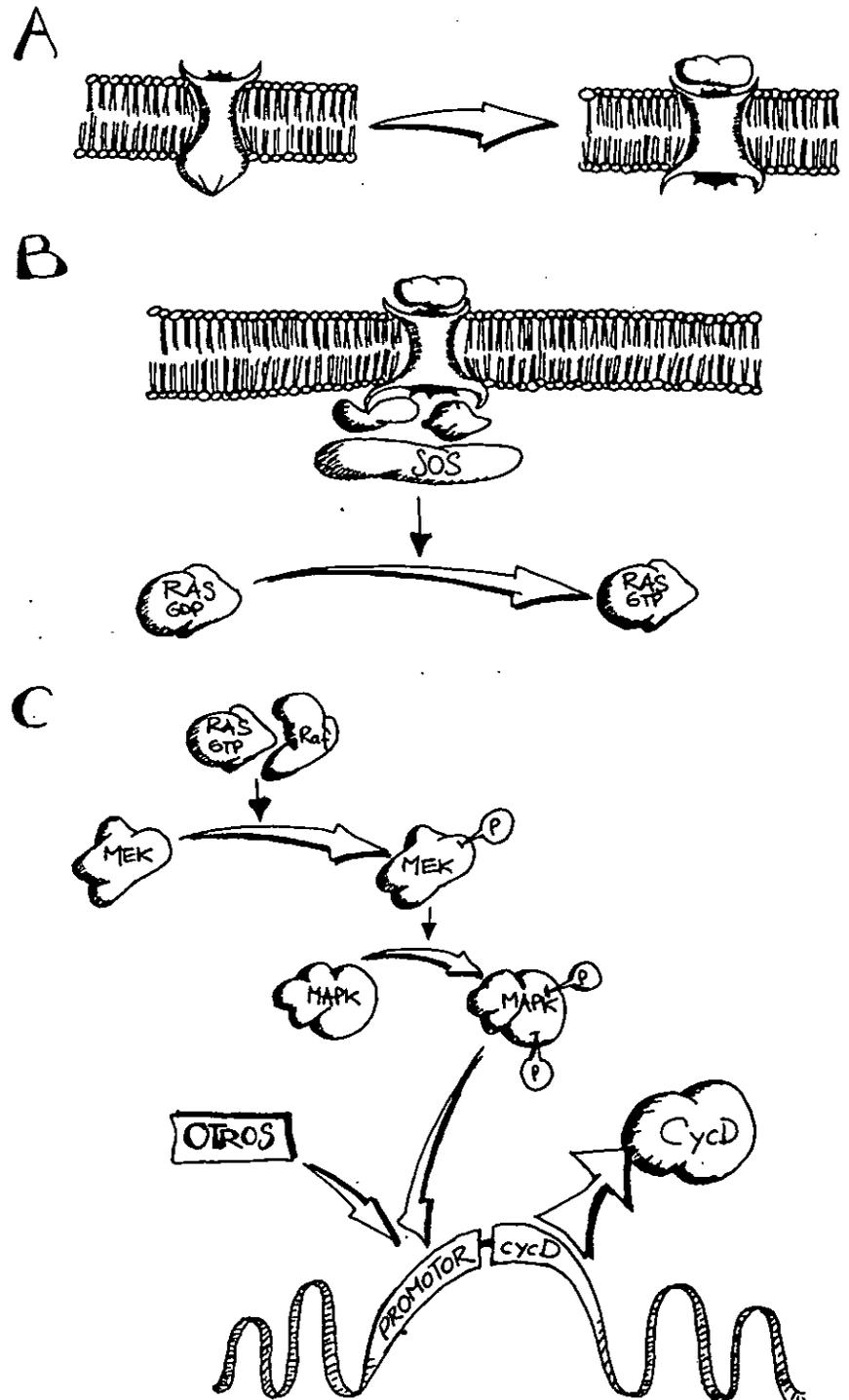


Fig. 1: Transducción de señales desde los factores de crecimiento hasta el núcleo. Se representan los componentes de un sistema de transducción de señales conocido. Factores de crecimiento encienden promotores como el de CycD. Una colección de moléculas transfieren sucesivamente el mensaje hasta llegar al núcleo. Ver descripción detallada en el texto.

zima fosfatidil-inositol-3Kinasa o PI3K que disminuye los niveles de la proteína p27, una molécula que inhibe la progresión del ciclo celular de la cual nos referiremos mas posteriormente.

Entendemos ahora que las señales disparadas por la llegada de factores de crecimiento estimulan, a través de cascadas como la de MAPKs, la producción de ciclinas. Veamos a continuación como diferentes ciclinas se alternan a lo largo del ciclo.

DIFERENTES COMPLEJOS CDK/CICLINA LE CONFIEREN DIRECCIONALIDAD A LA RUEDA

Habíamos propuesto que las CDK/ciclinas actúan como el motor del ciclo celular. Diferentes complejos CDK/ciclinas controlan el nivel de avance de las fases G1, S, G2 y M. El mismo Paul Nurse dijo: "llamó la atención el hecho de que diferentes eventos del ciclo celular estuvieran ordenados de manera secuencial. Eventos más tardíos resultaron ser dependientes de la complción exitosa de eventos más tempranos". Se razonó que estos eventos pueden ser de dos tipos, ya sea basados en un mecanismo de control por señalización, como acabamos de ver o directamente acoplados. Esta dependencia de un suceso anterior es lo que hace que el ciclo celular mantenga una direccionalidad. El ciclo se dispara inicialmente por un aumento en los niveles de ciclina D, pero no es su desaparición lo que hace que el ciclo prosiga, sino que debe estar asociada con la aparición de la ciclina de la etapa siguiente. Esta sección pretende dar una descripción de los eventos a lo largo de las fases del ciclo y aconsejamos leerla siguiendo los esquemas de la Figura 2.

La fase G1 comienza con los procesos ya descritos, factores de crecimiento disparan caminos de transducción de señales que activan al promotor del gen *cycD*. El aumento de la proteína *CycD* lleva a la activación de la quinasas *CDK4* con la cual se conjuga. Los complejos *CDK4/CycD* y *CDK6/CycD* fosforilan una proteína clave en la regulación del ciclo celular que no habíamos mencionada hasta ahora, la proteína Rb.

La proteína supresora de tumores del retinoblastoma (pRb o Rb) es un miembro de una familia de proteínas "bolsillo". Son proteínas que contienen un dominio capaz de alojar "como en un bolsillo" a otras proteínas y de ese modo prevenir su función. Dentro del bolsillo de Rb pueden alojarse simultáneamente varias proteínas.

De acuerdo al modelo reinante la proteína pRb se une a factores de transcripción como E2F en fase G1 bloqueando la progresión hacia estadios tardíos del ciclo celular como la fase S. Como consecuencia de la fosforilación de Rb, la proteína alojada es desplazada capacitándose para cumplir su rol natural, que

en el caso de E2F es inducir la expresión de ciertos genes, lo que da lugar a la progresión hacia la fase S. Entre las otras proteínas que puede secuestrar Rb se encuentran las histonas deacetilasas (HDAC). Estas desacetilan histonas (proteínas que están firmemente asociadas al ADN) regulando el nivel

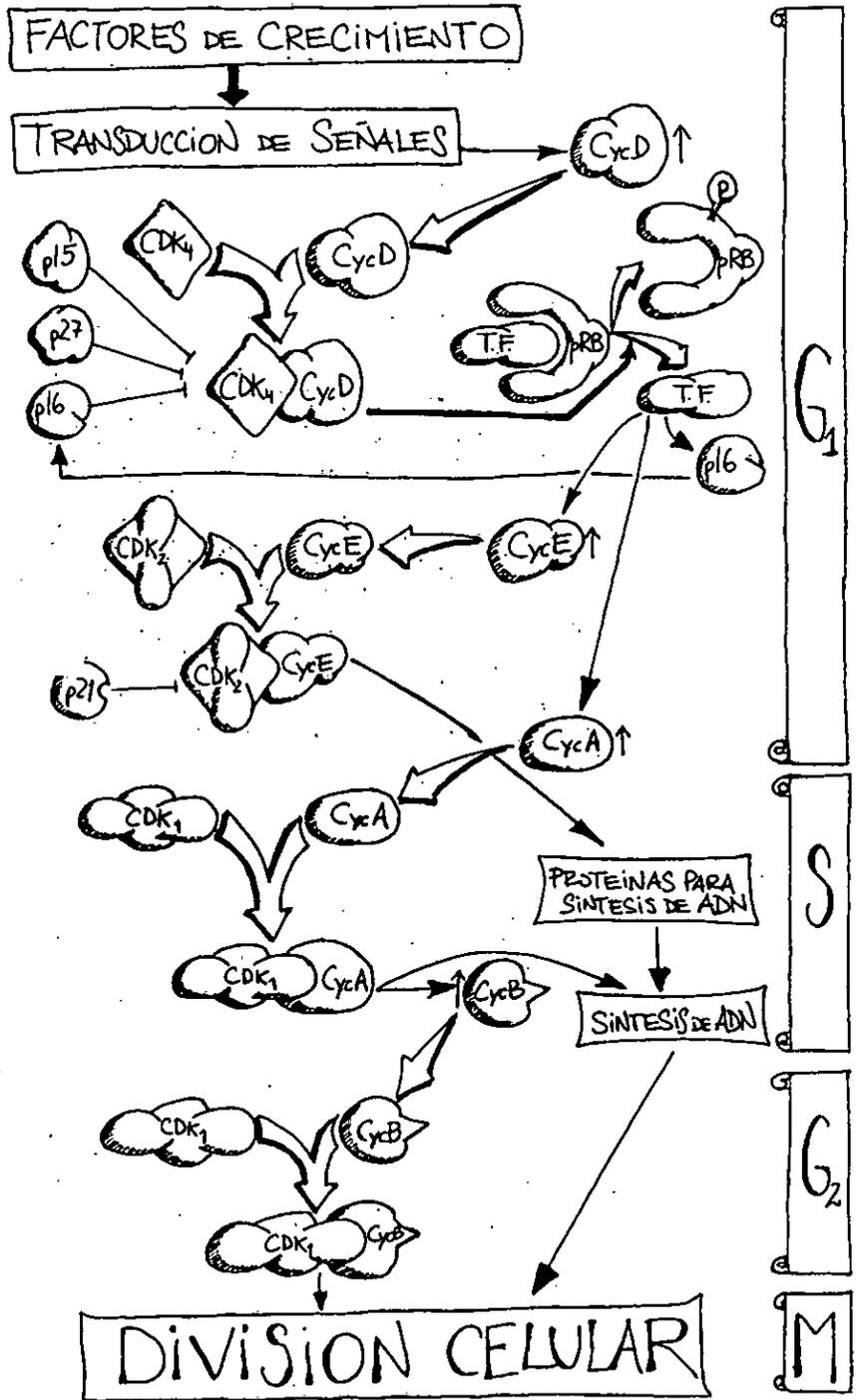


Fig. 2: Activación de ciclinas y proteínas quinasas dependientes de ciclinas durante el ciclo celular. La figura muestra el ciclo presentado como una barra vertical extendida en el lado derecho. El resto del esquema describe las activaciones de proteínas CDK y sus consecuencias sobre la duplicación celular "ordenados en el tiempo" según surge de la bibliografía acumulada hasta la fecha. Ver descripción detallada en el texto.

de compactación de la cromatina y afectando la unión de otros factores regulatorios de la expresión.

La Figura 2 muestra que los factores de transcripción (T.F.) liberados por Rb activan la producción de otras ciclinas como CycE y CycA en las etapas media y tardía de la fase G1, respectivamente. Por razones de simplicidad se ha omitido en este caso, la participación de promotores como aparecen en la figura anterior para la inducción de CycD.

La CycE se conjuga con CDK2 para inducir la aparición de proteínas que regulan la síntesis del ADN. El aumento de los niveles de CycA, activa la formación de su complejo con CDK1 que produce como consecuencia, un aumento en los niveles de CycB presente durante la fase S. CycB también compleja con CDK1 para inducir en fase G2 la síntesis de histonas necesarias para revestir el nuevo ADN, y a otras proteínas implicadas en la maquinaria de separación de las dos células hijas durante la fase M.

COMPLEJIDAD EN LA REGULACION DEL CICLO CELULAR

Hasta aquí hemos descrito como eventos citoplásmicos ocurren en respuesta a la llegada de factores de crecimiento a la célula, y como estos provocan cambios en los patrones de expresión génica que encienden el mecanismo de llave descrito por los trabajos de Nurse, Hartwell y Hunt. Sin embargo no todo es tan simple, nuevos e importantes descubrimientos le agregan matices interesantes a los eventos moleculares ligados a la regulación del ciclo celular. El objeto de esta sección es profundizar un poco mejor en el conocimiento de estos mecanismos.

El evento pivotal (comúnmente llamado "Checkpoint", sitio de restricción, de "decisión" o de chequeo) es la fosforilación de pRb que ocurre a través de toda la fase G1, dada mayormente por complejos formados por CDKs y Ciclinas. Rb se fosforila en forma creciente a medida que la célula progresa de la fase G1 a la fase S, proceso conocido como hiperfosforilación. De modo inverso, cuando las células se vuelven quiescentes o llegan a un estadio terminal de diferenciación, pRB se desfosforila.

Rb es progresivamente fosforilado por distintos complejos CDK/ciclina a medida que las células atraviesan la fase G1 hacia la fase S, y esto es que lo induce su inactivación. Los complejos involucrados en este proceso son: CDK4-CDK6/Ciclina D que fosforila a RB en fase G1; CDK2/Ciclina E que actúa en fase G1 tardía, y debemos agregar a CDK2/Ciclina A y

CDK2/CiclinaB que participan en la fase S del ciclo. Estos diferentes complejos fosforilan distintos sitios en Rb y se demostró que se requiere de la actividad de CDK4/CiclinaD y de CDK2/Ciclina E para lograr una completa hiperfosforilación de RB. Los complejos con ciclina A y B mantendrían a Rb en su forma hiperfosforilada una vez que la célula ya entró en fase S.

El concepto de múltiples sitios de fosforilación sobre una molécula regulatoria no es único a Rb sino que se extiende a otras proteínas como polimerasas de ácidos nucleicos que merece una atención especial.

Las actividades de las CDK pueden ser reguladas de tres modos diferentes:

- por asociación con la ciclina correspondiente como acabamos de describir en las secciones anteriores.
- por acción de proteínas CAK.
- por asociación con proteínas inhibitorias como p16 o p27.

Los niveles de expresión de CDKs son prácticamente constantes pero estas no son activas a no ser que estén asociadas con las ciclinas correspondientes y es el efecto de señales sobre los promotores de los genes de ciclinas lo que aumenta los niveles de actividad de los complejos y por lo tanto la fosforilación de los sustratos. Lo que no hemos dicho aun es como es que la actividad de los complejos disminuye mas tarde, paso indispensable para poder proseguir o reiniciar el ciclo.

La actividad del complejo Cyc/CDK decae por degradación de la ciclina, es así que la proteólisis controlada juega un rol directo en la regulación de las CDKs al controlar los niveles de ciclinas presentes y contribuir a la irreversibilidad de las transiciones del ciclo celular. El paso limitante en la destrucción de las ciclinas esta dado por la transferencia de una pequeña proteína llamada ubiquitina que es catalizada por enzimas conocidas como ubiquitinas ligasas. Este proceso conocido como ubiquitinación involucra la formación de un enlace covalente entre el extremo carboxi-terminal de ubiquitina y una lisina interna en el sustrato. Básicamente el agregado de ubiquitina sería como una bandera que distingue las proteínas que ya cumplieron su función y por lo tanto están destinadas a ser destruidas. La proteína así modificada es dirigida hacia una maquinaria molecular de degradación de proteínas llamada proteasoma que solo ataca a las proteínas "marcadas" por este proceso.

La regulación por fosforilación es ejercida por proteínas llamadas CAK o (CDK Activating Kinase) aunque el efecto que la fosforilación sobre las CDKs es de dos

tipos, positivo o negativo, dependiendo de que se agregue un fosfato en un sitio activador o en un sitio represor.

Las proteínas señaladas en la Figura 2 como p15, p16, p21 y p27 son denominadas proteínas inhibitorias de los complejos Cyc/CDK y su función es inhibir su capacidad fosforilativa. Dentro de esta familia de proteínas inhibitorias se diferencian dos clases o subfamilias distintas basadas (principalmente) en sus blancos de acción.

Por un lado, se ubican las proteínas de la familia INK4 (Inhibidoras de CDK4) que inhiben específicamente a las subunidades catalíticas de CDK4 y CDK6. Dentro de esta clase o sub-familia encontramos a las proteínas p15, p16, p18 y p19. La Figura 2 muestra como una de ellas (p16), es inducida como consecuencia de la activación de pRb. El aumento de las cantidades de p16 implica un bloqueo de la actividad de CycD/CDK4 y muestra como el mismo sistema que dispara el ciclo puede además ejercer una retroalimentación negativa.

La otra clase de proteínas inhibitorias se denominan CIP/KIP que afectan la actividad de las CDK2. Incluye a las proteínas p21, p27 y p57. Al progresar el ciclo, las proteínas p27 y p21 ganan afinidad preferencial por complejos CDK/CiclinaD permitiendo así que los complejos CDK2/CiclinaE queden "liberados" de p27 y p21 de manera que puedan actuar. Aquí CDK/CiclinaD actuaría secuestrando a los inhibidores de los complejos CDK2/Ciclina E. Vemos entonces como los complejos CDK/Ciclina D tienen dos funciones reconocidas: a) permiten la liberación de proteínas asociadas a Rb al fosforilarlo y b) permiten que el ciclo progrese al unirse a factores que inhiben al complejo CDK2/Ciclina E.

La regulación por degradación proteica no es exclusiva de las ciclinas. Proteínas inhibitorias como p27 son condenadas a su destrucción mediante un proceso de ubiquitinación similar al que sufren las ciclinas. El reconocimiento de p27 por ubiquitina y su consiguiente degradación depende además de su previa fosforilación por CycE/CDK2, evento que combina disitintos mecanismos de regulación por modificaciones covalentes de proteínas y nos induce a reflexionar sobre el grado de complejidad creciente del sistema que regula la progresión del ciclo celular.

CONCLUSIONES Y DATOS ADICIONALES

A modo de mencionar datos adicionales no deberíamos obviar a la proteína p53

cuyo papel regulador de la progresión del ciclo celular no es menos importante que el de pRb y su estudio merece atención creciente desde 1989. El funcionamiento defectuoso de los procesos de regulación del ciclo celular puede dar lugar al crecimiento desmesurado que da origen a la formación de tumores. p53 es también mencionado como el ejemplo clásico de proteína supresora de tumores; en el 50% de los cánceres humanos está inactivado por mutaciones o por unión a proteínas virales específicas. No es solo importante p53 sino también su "network" si llamamos así al conjunto de moléculas cuya función está relacionada a p53.

La actividad mejor documentada para p53 es su habilidad de unirse al ADN y de activar la transcripción de genes. Prácticamente todas las mutantes de p53 descritas reducen su habilidad para activar la transcripción lo que hace pensar que su acción supresora de tumores esta ligada a la modulación de la actividad transcripcional.

Los genes activados por p53 pertenecen a cuatro categorías principales. Entre ellos, inhibidores del ciclo celular como p21, genes reguladores de apoptosis como Bax, genes que regulan el mecanismo de reparación del ADN y genes que previenen la formación de nuevos vasos sanguíneos.

A diferencia de otras moléculas implicadas en el control del ciclo celular, la abundancia de p53 esta regulada fundamentalmente mas por su degradación que por cambios en la expresión de su gen. Por ejemplo, daños en el ADN, producidos por radiaciones o por distintas drogas terapéuticas inducen rápida activación de p53 por aumento de su estabilidad.

La proteína p53 se ocupa de frenar el crecimiento de células bajo condiciones de estrés, bloqueando pasos críticos del ciclo. Esto beneficia al organismo dado que una célula estresada corre el riesgo de duplicar anormalmente su genoma y originar un tumor. Otras veces actúa de modo aun mas drástico impulsando a las células a tomar un camino de muerte celular programada o apoptosis. La proteína p53 actúa así como un "nodo" en el cual (y desde el cual) convergen varias señales, otra de las instancias en la cual la célula "decide". Evaluando la extensión del daño al ADN, p53 inicia un mecanismo de reparación o, si el daño es extensivo, dispara un mecanismo apoptótico.

Existen 16 sitios potenciales de fosforilación en pRb y otros tantos en p53. Mientras algunos de estos responden a la secuencia consenso de fosforilación proteica "S/T/PXK/R"², blanco caracterís-

tico de las CDKs, otros no, lo cual abre la posibilidad de considerar proteínas quinasas adicionales a los complejos Cyc/CDK como reguladores de pRb. La acumulación de evidencias hace pensar que la actividad transcripcional de p53 depende de su estado de fosforilación. Varias proteínas quinasas de la familia de MAPKs como JNK o p38 han sido implicados en la fosforilación de p53. Por otro lado, hemos señalado una MAPK como mediadora de las señales extracelulares que activan la transcripción, sin embargo hoy conocemos al menos 7 miembros de la familia de MAPKs, todos ellos podrían regular la estabilidad de proteínas o regular promotores como el de *cycD* así como podrían hacerlo caminos señaladores no mencionados en este trabajo. Esto nos lleva a reflexionar que, en el futuro deberíamos prestar importancia a la integración de esas señales (ver nota de los autores) como modo de controlar el disparo de la rueda.

Hemos visto como seguido de la llegada de una hormona o factor de crecimiento a la superficie celular se transducen señales que activan factores de transcripción, se encienden complejos Cyc/CDK que se suceden unos a otros y se enciende la maquinaria de replicación del ADN que deriva en la división celular. Se ha intentado dar una descripción de los eventos moleculares simple pero a la vez rigurosa. Aun así, ha sido necesario omitir datos importantes y se invita al lector a consultar la bibliografía citada si necesita profundizar el conocimiento.

El mecanismo de regulación aquí descrito tiene importancia no solo desde el punto de vista de nuestro interés básico en desentrañar los misterios del funcionamiento de la célula y los mecanismos de propagación de la vida: CycD1, CDK4 y p16 a manera de ejemplo, son primariamente responsables de la regulación de la diferenciación celular, así como de la progresión del ciclo celular y al igual que pRb y p53, suelen estar mutadas en los cánceres humanos. Descifrar su funcionamiento

puede por lo tanto ser una invaluable herramienta para el tratamiento de patologías humanas.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Paul Nurse. A long Twentieth Century of the Cell Cycle and Beyond. *Cell* (2000), 100, p 71-78.
- 2) Omar Adrián Coso. Premio de Fisiología y Medicina 2001. El anillo de la vida. *Exactamente* (2002) 23 p 21.
- 3) Steven Jones & Andrius Kazlauskas. Connecting Signaling and Cell Cycle Progression in Growth Factor Stimulated Cells. *Oncogene* (2000) 19, p 5558 - 5567.
- 4) Anatoliy Li & Julian Blow. The origin of CDK Regulation. *Nature Cell Biology* (2001), Vol. 3, p E182 - E184.
- 5) Omar Adrián Coso. Cascadas de Señalización por MAP quinasas (MAPKs). En *Farmacología Molecular*. Ed.: Marcelo Kazanietz. Universidad Nacional de Quilmes. 1999 - 2000.
- 6) Mary Miller & Frederick Cross. Cyclin specificity: How many wheels do you need in a unicycle? *Journal of Cell Science* (1999), 114 (10) p 1811-1820.
- 7) Adrián Senderowicz & Edward Sausville. Preclinical and Clinical Development of Cyclin-Dependent Kinase Modulators. *Journal of the National Cancer Institute*. (2000) V 92 (5), p 376 - 387.
- 8) Charles Sherr & James Roberts. CDK inhibitors: Positive and Negative Regulators of G1-Phase Progression. *Genes & Development* (1999) V 13, p 1501 - 1512.
- 9) Peter Adams. Regulation of the Retinoblastoma Tumor Suppressor Protein by Cyclin/CDKs. *B.B.A.* (2001) V 1471, p M123 - M133.
- 10) Bert Vogelstein & Arnold Levine. Surfing the p53 Network. *Nature* (2000) 408: 307-310.
- 11) Steven Reed. Cell cycling? Check your Brakes. *Nature Cell Biology*, (2002) 4: E199-E201.

Nota de los autores: ¹ El termino "decide" se utiliza como una licencia para ejemplificar lo que en la jerga de este campo de investigación se entiende como "integración de las señales transducidas" o "signal integration". Si nos referimos a una persona, podemos decir que decide una acción a tomar evaluando las posibles ventajas y contratiempos de una serie de alternativas en el contexto en que se encuentre. Una célula, por otro lado, toma un camino proliferativo, de diferenciación, etc., como consecuencia de los niveles de activación de una variedad de moléculas, las cuales varían de acuerdo al medio en que la célula se encuentre. En ese sentido, es que nos atrevemos a decir que la célula "decide". Las características de los sistemas de integración son motivo de debate en la actualidad.

² Nomenclatura de aminoácidos; S: serina, T: treonina, P: prolina, K: lisina, R: arginina. X: cualquier aminoácido.

EL ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO ANIMAL LA GRAN HERENCIA DE DARWIN

Marcelo Hernán Cassini

CONICET y Universidad Nacional de

Luján

mhcassini@ciudad.com.ar

Definitivamente, el comportamiento de los animales despierta nuestra curiosidad. Quizás se deba a que buscamos alguna forma de relación entre la conducta de los animales y nuestro propio comportamiento. Tal vez el interés por comprender las costumbres de los animales se remonta a épocas prehistóricas, junto con la necesidad del hombre de procurarse el alimento y evitar convertirse en alimento de otras especies. Más allá de especulaciones psicológicas o antropológicas, existe un interés general por el comportamiento animal que se expresa, por ejemplo, en la popularidad de los canales de la televisión que difunden programas sobre los hábitos de los animales.

Además de este interés popular, existe una disciplina científica, la etología, que es la encargada del estudio de las "costumbres" (significado del término griego "ethos") de los animales. En este artículo se describirán los pasos en la evolución de nuestro conocimiento sobre el comportamiento de los animales y los fundamentos teóricos de la etología moderna. También se presentará brevemente la diversidad de problemas que investiga actualmente la biología del comportamiento. También analizaré cómo la evolución del conocimiento etológico significó también su expansión hacia áreas aplicadas como la conservación de fauna y la producción animal.

EL PRINCIPIO BÁSICO DE LA ETOLOGÍA: EL COMPORTAMIENTO COMO UNA ADAPTACIÓN

La teoría etológica está sostenida sobre un principio fundamental: la *selección natural darwiniana*. La conducta es un rasgo biológico, como lo es la coloración del pelaje o la estructura del riñón y, por lo tanto, está sujeta al proceso de evolución y de cambios históricos comunes a todos los atributos de los seres vivos. Este es un concepto clave para entender cómo se investiga el comportamiento animal en la actualidad. Un estudioso del comportamiento animal siempre tiene en mente que la conducta es el resultado de un proceso de selección natural. La teoría de Darwin postula que el resultado principal de este proceso es el fenómeno de la *adaptación biológica*. La selección natural favorece rasgos que son útiles en la lucha por la supervivencia y la reproducción. Por lo tanto, se espera que a lo largo del tiempo evolutivo se hayan producido seres vivos que muestren buenos diseños en sus rasgos morfológicos, fisiológicos y de comportamiento. Un ejemplo típico es en los vertebrados que presentan diseños simila-

res de sus extremidades como adaptación al movimiento en el medio acuático (peces y mamíferos marinos) o aéreo (aves y murciélagos) aunque son distantes en su origen filogenético.

La premisa central de la etología es que el comportamiento animal es un rasgo biológico adaptado al contexto ambiental en el que evolucionó. El papel de esta disciplina científica es entender cómo fueron diseñados los comportamientos que observamos en los animales. Para ello, el etólogo debe primero descubrir la función que cumple el comportamiento - el por qué - y luego describir cómo un buen diseño conduce a una mayor supervivencia y reproducción. En otras palabras, la teoría etológica es un conjunto de explicaciones darwinianas acerca del comportamiento animal, concebido como una adaptación biológica.

TIPOS DE COMPORTAMIENTO

Los tipos de comportamiento pueden clasificarse en dos grandes categorías: comportamiento individual y comportamiento social. En la primera categoría se incluyen todas las formas de interacción de los animales con el

medio ambiente, principalmente: el comportamiento alimentario, la defensa contra la depredación y la selección del hábitat. La *alimentación* es una de las actividades fundamentales de los animales. La dieta condiciona la disponibilidad de energía y el estado nutricional que determinan los niveles de actividad, crecimiento y reproducción. La conducta alimentaria puede subdividirse en distintos componentes. El animal debe buscar los sitios en los que encontrar alimento, pensemos en las abejas que deben hallar flores con néctar e informarle a las otras integrantes de la colmena. Tiene que evitar los mecanismos de defensa del alimento, que raramente acepta su papel pasivamente, no solo las presas animales sino las plantas que disponen de un arsenal de armas químicas. El animal también tiene que seleccionar su dieta en función de la calidad nutricional. Cada uno de estos componentes de la conducta alimentaria puede estudiarse en forma independiente. La *predación* es una fuerza selectiva responsable de la evolución de adaptaciones morfológicas como los colores y formas crípticas. Estas adaptaciones son más eficientes mientras los animales permanecen in-

móviles. La búsqueda de recursos obliga a ser menos conspicuo. Existe un problema entre protegerse de los predadores y buscar recursos. En la escala temporal ecológica el riesgo de predación varía tanto espacial como temporalmente. Los animales deben ser sensibles a estas variaciones y decidir buscar recursos en los momentos y lugares que sean menos peligrosos. Una presa puede expresar distintas conductas anti-predatorias que están vinculadas a evitar alguna de las cuatro etapas de la interacción con un predador: ser detectada, atacada, capturada y consumida. La selección de un lugar para vivir es la tercera categoría de comportamientos que vinculan al individuo con el medio ambiente. Dentro de esta categoría se encuentran comportamientos muy interesantes y a veces difíciles estudiar como la dispersión, la migración y la defensa territorial.

El comportamiento social está compuesto por dos categorías de conductas opuestas: las interacciones competitivas y las interacciones cooperativas. Se ha dicho que la competencia por recursos escasos es la fuerza motora de la selección natural. Existen dos tipos básicos de competencia: por explotación y por defensa de recursos. La agresión es una de las formas más evidentes de defensa de recursos. La agresión entre animales no siempre resulta en luchas en las que los animales sufren consecuencias graves como heridas o muerte. En muchos casos, los encuentros agresivos no pasan de ser despliegues ritualizados en los que los contendientes exponen sus habilidades y terminan el encuentro sin una lucha directa. Un ejemplo de este tipo de comportamiento se ilustra en la Figura 1.

En la naturaleza, existen numerosos ejemplos de conductas altruistas, a través de las cuales los animales ponen en peligro su supervivencia o reproducción en beneficio de otros miembros del grupo social o población. Por ejemplo, las llamadas de aviso de peligro que hacen más conspicuo al emisor de la llamada o la ayuda en la crianza por individuos no reproductores. El caso más extremo de altruismo es observado en los insectos sociales, como las hormigas o las abejas. El concepto de cooperación es más amplio que el de altruismo. Involucra interacciones en las cuales todos los individuos participantes obtienen beneficios en términos de supervivencia y éxito reproductor direc-



Fig. 1. Machos hovinos "evaluándose" mutuamente.

to. Ejemplos de conductas cooperativas son la caza en grupos; el acicalamiento entre individuos y la defensa anti-predatoria en grupos.

El comportamiento reproductor ha acaparado la atención de gran parte de los estudios sobre evolución del comportamiento de los últimos años. Incluye el cuidado de la descendencia y las conductas orientadas a la obtención de parejas reproductoras. En la mayoría de los casos, la hembra es la que realiza la mayor inversión en la producción de descendencia y por lo tanto su conducta está seleccionada para optimizar la sobrevivencia y capacidad reproductora de sus hijos. En cambio, el macho normalmente invierte menos en cada camada y su éxito reproductor depende de la cantidad de hembras con las que puede aparearse. Existen variaciones considerables entre grupos taxonómicos en la cantidad relativa de inversión que realizan los sexos. En los mamíferos, la gestación larga y la lactancia obligan a una gran inversión de las hembras. En aves, frecuentemente los machos invierten igual que las hembras y la alimentación corre por cuenta de ambos sexos. En los peces teleosteos casi un 80% no tiene cuidado parental. En los que lo hay, lo hace un solo sexo y es común que sean los machos los que cuidan la descendencia. En este tiempo se han investigado intensivamente distintas expresiones del denominado "conflicto sexual" que plantea la existencia de competencia entre macho y hembra por incrementar el éxito reproductor a expensas del otro sexo y que

nace de la diferente inversión que realizan los sexos. Expresiones de este conflicto son los apareamientos múltiples, la competencia espermática, la evasión del cuidado de la descendencia, y el infanticidio. Debido a la considerable inversión que realizan las hembras en la descendencia, es de esperar que realicen una selección de los machos con los cuales aparearse (Figura 2). Las hembras pueden elegir a los machos en función de: los recursos que éste provee para la crianza, la calidad genética del macho de forma de transferirle "buenos genes" a su progenie, o la inversión que realiza el macho en el cuidado. Otro aspecto intensamente estudiado del comportamiento reproductor son los denominados "sistemas reproductores". Un sistema reproductor es la forma en que se organiza una población para reproducirse, que incluye formas de cortejo y competencia, duración de las parejas, forma y duración del cuidado parental. Sistemas reproductores son la monogamia, la poliginia (algunos machos se aparean con más de una hembra), y la poliandria (algunas hembras se reproducen con más de un macho).

BREVE HISTORIA DEL ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO

Pueden encontrarse referencias sobre el comportamiento de los animales desde los principios mismos de los estudios de la naturaleza. Sin embargo, el origen de la etología se encuentra sin duda en los escritos de Charles Darwin publicados entre 1859 y 1872, quien fue

un fino observador de la conducta. Sus obras contienen abundante material etológico, que fue inicialmente ignorado por los zoólogos, quienes prefirieron concentrarse en los estudios de anatomía comparada.

Fueron los primeros psicólogos quienes comenzaron a estudiar las habilidades cognitivas de los animales, en un intento por comprender la evolución de la inteligencia humana. Paradójicamente estos estudios no pudieron establecer un patrón filogenético. En cambio, derivaron en el "conductivismo" que dominó la psicología norteamericana de la primera mitad del siglo XX. Durante ese período se consideró que la conducta animal era fundamentalmente aprendida y que los mecanismos de aprendizaje eran comunes a todo el reino animal. Es así como los psicólogos pasaron de estudiar una diversidad de especies animales a concentrarse en unos pocos modelos biológicos, como las ratas blancas y las palomas, ya que consideraban que los resultados eran extrapolables a otras especies, incluido el hombre. Algunos de esos principios permanecieron vigentes en la psicología hasta el presente. Por ejemplo, su naturaleza inductiva, según la cual todo el comportamiento debe ser explicado solo en términos de variables empíricamente observadas.

En la década de 1950 nació la etología como ciencia referida al comportamiento animal. Surgió como una respuesta de la biología a la visión psico-

lógica del comportamiento de la primera mitad del siglo XX. Los primeros etólogos estudiaron numerosas especies silvestres, especialmente aves, y demostraron que existe un fuerte componente instintivo en muchas conductas que no pueden explicarse como resultados de procesos de aprendizaje, como sostenían hasta ese momento los "conductivistas". Más importante aún, rechazaron la idea de que los mecanismos que originan la conducta son comunes a todas las especies y postularon que la conducta es un carácter que responde a las condiciones en las cuales evolucionaron las especies. En otras palabras, volvieron a los orígenes en la teoría de Darwin. Los etólogos más renombrados de este período fueron N. Tinbergen, K. Lorenz y K. Von Frish, quienes obtuvieron el premio Nobel de Medicina de 1972. Es así como la etología volvió a colocar al estudio del comportamiento dentro del ámbito de las ciencias biológicas. Hasta mediados de 1960, la interpretación de la conducta social animal se realizaba en términos de las ventajas que representaba para el grupo social o la población. Este concepto de selección de grupo comenzó a ser criticado por los evolucionistas. En 1964, el británico W. Hamilton publicó un modelo fundamental que explica las conductas altruistas sin necesidad de recurrir al concepto de selección de grupo. Propuso que un individuo no sólo se beneficia si tiene más hijos que llegan a la edad reproductora, sino tam-

bién si tiene otros parientes que se reproducen más. Es decir, no sólo los hijos comparten genes sino también los hermanos, primos y demás parientes. Por lo tanto, el altruismo se puede explicar como conductas dirigidas a aumentar el éxito reproductor de los parientes. La teoría siguió avanzando rápidamente demostrando que la selección individual es el mecanismo general para explicar la evolución del comportamiento. En la década del setenta surgió una nueva disciplina conocida como *sociobiología* que desplazó a la etología clásica como paradigma del estudio del comportamiento social.

Hacia el final de la década de 1970, se instaló una controversia generada por algunos paleontólogos y genetistas de poblaciones, quienes criticaron la visión adaptacionista del comportamiento y de los rasgos biológicos en general. Estos autores definieron irónicamente a los adaptacionistas como buenos "contadores de cuentos", que encontrarían una explicación adaptativa a cualquier rasgo biológico. Por otra parte, los sociobiólogos que intentaron aplicar su teoría al comportamiento humano fueron criticados fuertemente desde las ciencias sociales por su actitud reduccionista ingenua.

Una nueva disciplina, la *ecología del comportamiento*, asumió las críticas al método y perfeccionó nuevas herramientas teóricas para estudiar el comportamiento, fundamentalmente la experimentación, el método comparativo y los modelos de costo-beneficio. A diferencia de la sociobiología, que estudiaba el comportamiento social, los primeros diez años de la ecología del comportamiento estuvieron dominados por el estudio de los comportamientos individuales vinculados a la adquisición de recursos del ambiente. Es la época de florecimiento de la teoría del 'comportamiento óptimo de alimentación'. En la década del ochenta, la ecología del comportamiento retomó el estudio del comportamiento social, especialmente estimulada por el desarrollo de técnicas moleculares que permiten establecer fácilmente relaciones de parentesco y por el desarrollo de la teoría de juegos por el británico J. Maynard-Smith. Durante la década del noventa, predominaron los estudios sobre selección sexual y comportamiento reproductor y se desarrolló una forma de interacción con la ecología en la que los procesos pobla-

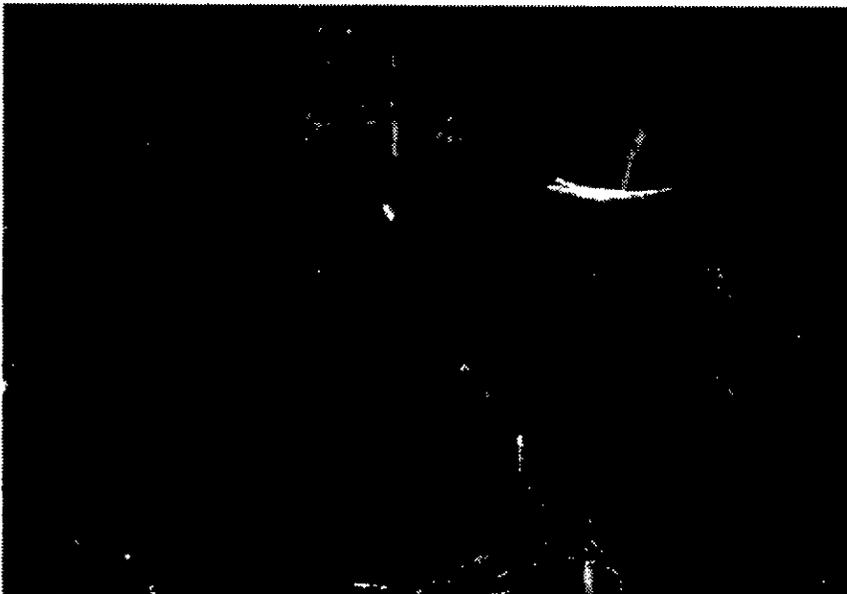


Fig. 2: Ave fragata macho ejecutando un ritual de seducción. A través de sus vocalizaciones y de su llamativo buche, el macho puede ser elegido por la hembra.

cionales son explicados a partir de la aplicación de los conocimientos adquiridos en la década anterior sobre los comportamientos individuales de adquisición de recursos. En la actualidad, la etología está caracterizada por una aproximación integradora y multidisciplinaria, en la que se combinan los estudios sobre la fisiología, la ontogenia y la ecología del comportamiento. Para comprender mejor este nuevo enfoque integrador de la Etología, es necesario mencionar la vieja distinción entre causa y función del comportamiento.

CAUSACIÓN VERSUS FUNCIÓN DEL COMPORTAMIENTO

Hacia finales de la década de 1960, Niko Tinbergen publicó un artículo en el cual reflexionaba acerca de los alcances de la etología, que era en ese momento una disciplina joven que él ayudó a fundar. Partía de plantear que la meta de la biología en general es explicar el hecho de que los animales sobrevivan, se reproduzcan y evolucionen a pesar de numerosas "presiones adversas del ambiente". Desde el punto de vista de la ciencia de la física, la vida parece desafiar las leyes naturales al crear 'entropía negativa'. Con una elegante prosa, Tinbergen describe esta aparente contradicción diciendo: "Un animal resiste, escapa, utiliza su medio ambiente en vez de someterse dócilmente a su influencia; más que moverse hacia una probabilidad y estabilidad crecientes, sobrevive, se reproduce, crece y evoluciona". En razón de esta realidad general, la biología no solo debe preguntarse acerca de las causas del fenómeno que estudia (como hace la física), sino que también debe investigar sus consecuencias. La pregunta característica de la biología es, entonces, ¿'para qué sirve' un rasgo biológico?, en su relación con la supervivencia del individuo que lo contiene. Como el objeto de estudio de la biología son los procesos vitales, esta ciencia debe estudiar las relaciones causa-efecto en ambas direcciones, mirando hacia atrás en el tiempo para estudiar la causalidad y mirando hacia delante para analizar los efectos de esos procesos, intentando comprender cómo estos efectos contribuyen a la supervivencia y reproducción. En base a estas reflexiones, Tinbergen afirma que el comportamiento puede

estudiarse desde el lugar de su *causación* y desde el punto de vista de su *función*:

Algunos autores hablan de 'niveles' de análisis del comportamiento y distinguen entre el nivel próximo (causa) y el nivel último (función). Por ejemplo, si nos preguntamos acerca de la defensa de territorios que realizan los machos de algunas especies de ungulados silvestres, la respuesta a nivel próximo o de causación podría ser: en primavera, los niveles sanguíneos de la hormona testosterona aumentan, lo que estimula la región del cerebro conocida como hipotálamo, disparando la conducta agresiva entre machos frente al estímulo de la defensa territorial. Una explicación al nivel último de la función sería: la defensa de un territorio aumenta el éxito reproductor del macho porque le permite tener acceso exclusivo a un grupo de hembras y por lo tanto los genes que controlan esta conducta son seleccionados positivamente.

LA ETOLOGÍA ACTUAL

La etología moderna está caracterizada por una aproximación integradora de estudios fisiológicos, genéticos, ontogenéticos y ecológicos de la conducta. Actualmente, la mayoría de los etólogos concuerdan en que la comprensión más acabada del significado funcional del comportamiento se logra si se complementan estudios sobre las condiciones ecológicas en que esa conducta se expresa con un conocimiento de las causas próximas que la modulan. Esta nueva aproximación se ve favorecida por el desarrollo de nuevas técnicas en áreas tales como la inmunología y la biología molecular. Por lo tanto, la etología se vuelve cada vez más una disciplina multidisciplinaria con una fuerte interacción con otras áreas del conocimiento. Sirvan como ejemplos los títulos y contenidos de Simposios realizados en la última Conferencia Internacional de Etología celebrada en Tübingen, Alemania en agosto del 2001:

- 1) *Mecanismos y funciones de la comunicación vocal en primates*: se buscó integrar lo conocido acerca del significado y la función de las señales en este grupo con los avances recientes en las bases neurobiológicas de la producción de sonidos, en los mecanismos de la percepción de llamadas y en el análisis de sonidos.
- 2) *Viabilidad de la descendencia y se-*

lección de pareja: existe evidencia que las hembras que pueden seleccionar su pareja sexual tienen una mayor fecundidad que aquellas que ven restringida la elección por restricciones ecológicas o sociales, por lo que se discutieron los posibles mecanismos que vinculan la fisiología reproductora con la selección de pareja.

3) *Herencia no genética*: recientemente se descubrió que las hembras son capaces de influir sobre el buen estado físico (fitness) de su descendencia a través de mecanismos endocrinológicos o inmunológicos; se discutieron los alcances y la importancia evolutiva de estos descubrimientos.

4) *Representación espacial en animales*: se analizaron las bases neurofisiológicas y cognitivas de las capacidades de procesamiento de información espacial en animales, particularmente para comprender las habilidades de navegación desplazamiento? de los animales que realizan migraciones.

5) *Polimorfismos sexuales en vertebrados*: los machos pueden diferir en sus tácticas para conseguir pareja sexual de forma de que existan varios fenotipos morfo-conductuales en una misma población; se discutió el significado funcional de este polimorfismo sexual, junto con los mecanismos neuro-endocrinológicos que lo acompañan.

6) *Etología y genética del comportamiento*: los avances en ingeniería genética han desarrollado animales con alteraciones genéticas conocidas que afectan comportamientos específicos; se examinó la importancia de estos avances en biología molecular para lograr una mayor comprensión del substrato genético del comportamiento.

7) *Aproximaciones alternativas a la cognición social*: los estudios etológicos mostraron el grado de complejidad de muchas sociedades animales por lo que recientemente se comenzó a investigar la habilidad de varias especies de vertebrados para procesar información social, tema que tradicionalmente se había investigado solo en el hombre y en algunos primates; se presentaron nuevos avances en este campo de investigación.

8) *Personalidades: mecanismos y funciones de las predisposiciones individuales de conducta*: se ha postulado la existencia de diferencias individuales en la reacción fisiológica y conductual a situaciones ambientales nuevas que son persistentes e independientes del contexto. Se presentaron evidencias

a favor de la existencia de estas diferentes personalidades en una diversidad de especies de vertebrados.

9) *Nuevas perspectivas en descubrimientos y funciones de la variación en la proporción de sexos*: una hipótesis clásica de la etología dice que la proporción de hijos e hijas que tiene una hembra puede variar en forma adaptativa en función de las condiciones ambientales y sociales; se discuten los mecanismos de regulación de la proporción de sexos en la descendencia en función de nuevos descubrimientos realizados en biología molecular y endocrinología.

10) *Aprendizaje social y la formación de tradiciones*: La tradición etológica enfatizaba la importancia de los genes en la transmisión de la información hereditaria en el proceso evolutivo. Se discutió una aproximación complementaria que reconoce el papel de la transmisión cultural por aprendizaje social como un mecanismo de herencia basado en tradiciones.

APLICACIONES DE LA ETOLOGÍA

Si bien la etología es una disciplina de origen relativamente reciente, hace tiempo que ha entrado en una etapa de madurez que le permitió iniciar transferencia hacia áreas del conocimiento más aplicadas. Los avances más significativos en este sentido han sido en el campo de la conservación de fauna y de la producción animal.

El análisis de la literatura científica de la última década evidencia un crecimiento exponencial del interés y de las aplicaciones en la interacción etología-conservación. El primer artículo dedicado enteramente a este tema fue publicado en 1990 y a partir de allí, comenzaron a aparecer cada vez con más frecuencia esfuerzos por difundir este campo del conocimiento a través de libros, artículos en revistas periódicas, sesiones de congresos y reuniones especiales. La etología tiene un impacto claro sobre dos áreas de la conservación: uso sostenido de fauna y protección de especies en peligro. La influencia de la etología en estas dos áreas de la conservación tiene una posible explicación relacionada con las características propias de la investigación etológica y su tendencia a trabajar a una escala ecológica pequeña. En cambio, los aportes son menores en la conservación de paisajes y ecosistemas y en el diseño y manejo de áreas naturales. No

obstante, existen ciertas aplicaciones específicas con proyecciones muy prometedoras dentro de estas áreas. Algunos casos son: (1) el uso del hábitat de especies claves, como conocimiento necesario para el re-diseño de áreas protegidas, (2) el comportamiento alimentario de dispersores de semillas y polinizadores para la recuperación de la vegetación en ambientes restaurados y (3) el comportamiento de dispersión en el uso de corredores que conectan redes de áreas protegidas.

La investigación del comportamiento de los animales domésticos y de producción se inició paralelamente al desarrollo de la teoría etológica y ya en 1962 se publicó el primer libro dedicado enteramente a este tema. Durante sus primeros años, la etología aplicada a la veterinaria fue fundamentalmente descriptiva y sus principales logros se dieron en el área de la fisiología del comportamiento y en la descripción detallada de pautas de conducta. A medida que la biología del comportamiento avanzaba en la construcción de un marco teórico consolidado, la etología aplicada fue adoptando los conocimientos sobre la evolución y la ecología del comportamiento animal. Hasta el presente, las aplicaciones a la producción animal se han caracterizado por la acumulación de múltiples aplicaciones específicas a una enorme diversidad de aspectos del manejo de los animales, más que por haber realizado grandes aportes unitarios como ha ocurrido en la parasitología veterinaria. Algunos ejemplos son: uso de parámetros del comportamiento reproductor como indicador de fertilidad individual y grupal, entrenamiento especial de potrillos hiper-reactivos en la producción de caballos de carrera, mejora de técnicas de sujeción y manejo del ganado (como en la esquila de ovejas) por reducción de respuestas aversivas, control de plagas, mejora de la producción a partir de un manejo adecuado de los grupos que reducen los niveles de agresividad y estrés, uso de modelos matemáticos basados en la conducta alimentaria para optimizar el aprovechamiento de las pasturas, evitado del consumo de plantas tóxicas por el ganado, mejoramiento del uso de suplementación alimentaria, análisis del efecto negativo de la selección artificial sobre la conducta y estudio de las alteraciones provocadas por el aislamiento social temprano sobre la conducta y la producción.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

La etología se perfila como una disciplina que enfatiza el estudio integrado del comportamiento, incorporando nuevas técnicas que permiten relacionar la función del comportamiento con los mecanismos próximos que lo desencadenan. Por otra parte, es de esperar que la etología moderna tenga cada vez más influencia en otras disciplinas teóricas y que amplíe su rango de aplicaciones, especialmente en el campo del mejoramiento de las condiciones de manejo de especies domésticas (el 'bienestar animal', considerado de enorme importancia especialmente en Europa), la preservación de especies animales amenazadas de extinción y el uso sostenido de especies de importancia económica.

La etología se ha convertido en una de las áreas de investigación más importantes de todo el campo de la biología sistémica. Es una disciplina que ha sabido combinar el desarrollo de un sofisticado cuerpo teórico con un inmenso acumulo de evidencia empírica. Probablemente, la clave de su éxito se encuentre en que posee una teoría 'a priori' de la cual se pueden generar explicaciones y predicciones: la teoría de la evolución por selección natural. En conclusión, la etología se ha convertido en la gran heredera de la teoría de Charles Darwin.

BIBLIOGRAFÍA

- ALCOCK J. (1999) *Animal Behaviour*, Sinauer Associates, Sunderland.
- CARRANZA, P. ed. (1994) *Etología: Introducción a la ciencia del comportamiento*, Editorial de la Universidad de Extremadura.
- CASSINI M. H. Y SENAR JORDÁ J. C., eds. (1999). *Etología y Conservación*. Número especial de la Revista *Etología* (España), volumen 7.
- KREBS, J. R. Y DAVIES, N. B. (1993). *An introduction to behavioural ecology*, Blackwell Scientific Publications.

Productos radioactivos de toda clase.
 Nucleotidos Biotinilados, Fluoresceinados y marcados a
 pedido.
 Reactivos para detección: Western, Tyramida para
 inmunohisto y Citoquímica.
 Detección y marcación de proteínas.
 blotting y autorradiografía.
 Análisis de Expresión: GENOMICA, PROTEOMICA,
 CELOMICA.

NEN 
 (EX NEN
 DUPONT) **PerkinElmer™**
 life sciences.

Amplia variedad de enzimas de restricción.
 Marcadores de Peso Molecular y masa (Ladders).
 Kits para marcación, detección y para Fusión proteica
 y separación. NUEVO: TAQ DNA POLIMERASA.

 NEW ENGLAND
BioLabs® Inc.

Termocicladores.
 TGGE: Gel para Electroforesis con gradiente de
 temperatura.
 Biodoc: Equipo para documentación de geles.
 Equipamiento para electroforesis. Fuentes de poder
 (ex Life Tech)

Biometra® Whatman

 **SORVALL®**
 Laboratory Products **Heracelus**

Centrifugas para todas las necesidades.
 Equipamientos para separación a gran escala.

 **Cell Signaling CST**
 TECHNOLOGY™

Anticuerpos y kits para señales celulares


Cayman
 CHEMICAL

Medidores celulares, mensajeros y respectivos kits.
 Oxido Nitrico.

AMRESCO®

Drogas básicas para Biotecnología.
 Reactivos para Proteomics

Schleicher & Schuell

Papeles y Accesorios de filtro.
 Membranas para hibridización, Southern, Western,
 Northern, Blotting.
 Papeles para recolección de sangre y DNA.

JONES CHROMATOGRAPHY

Gran variedad de columnas para HPLC.

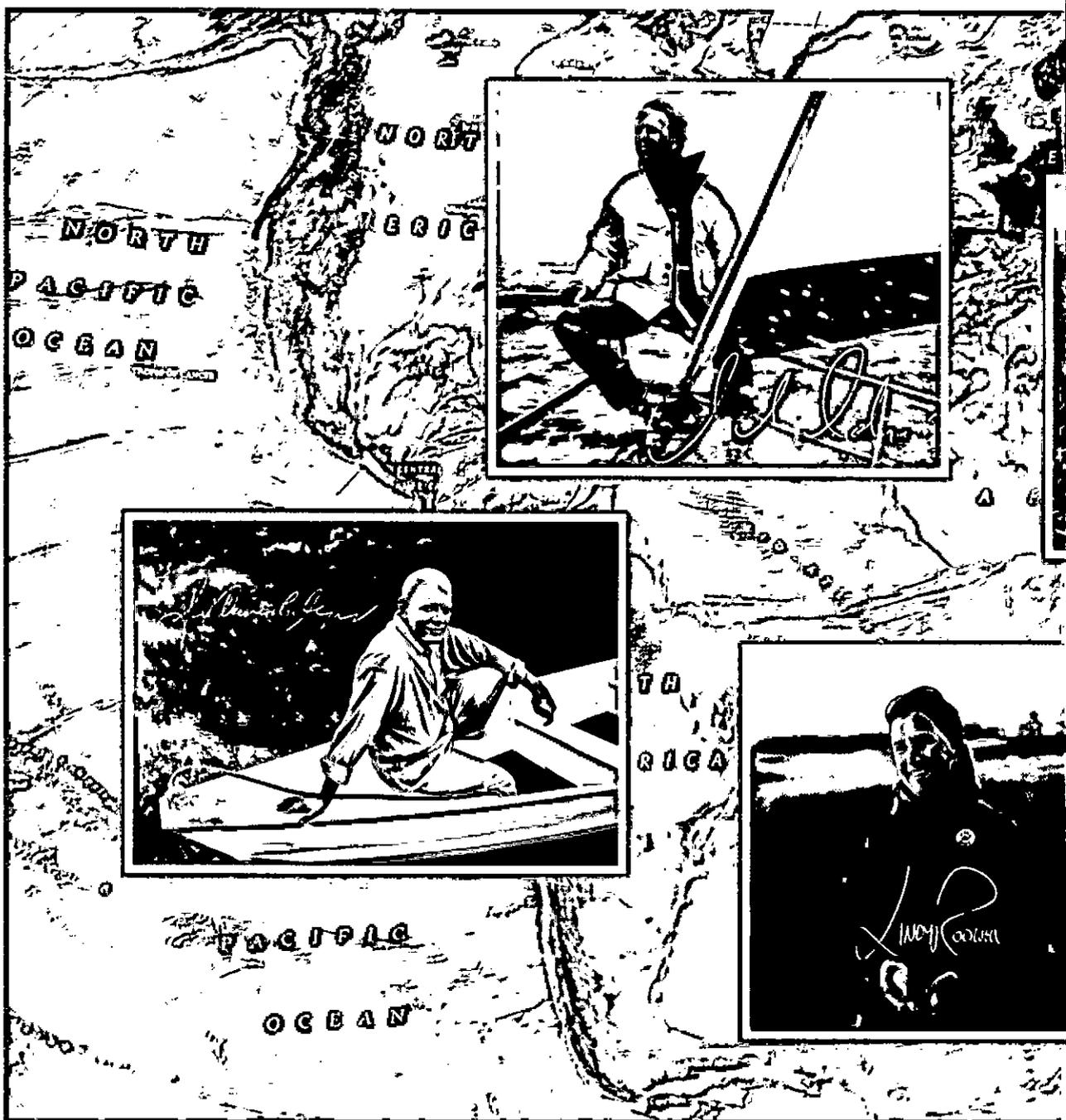
Migliore
LaClaustra 

REPRESENTANTES EXCLUSIVOS DE PRODUCTOS PARA INVESTIGACION BASICA

ADMINISTRACION Y VENTAS: Av. Córdoba 1470 6° "12" (1055) C.F. TEL.: 4372-9045 FAX 4373-8052

RECEPCION DE CORRESPONDENCIA Y PAGOS: LIBERTAD 836 3° 51 (1012) C.F.

e-mail: alaclus@interserver.com.ar

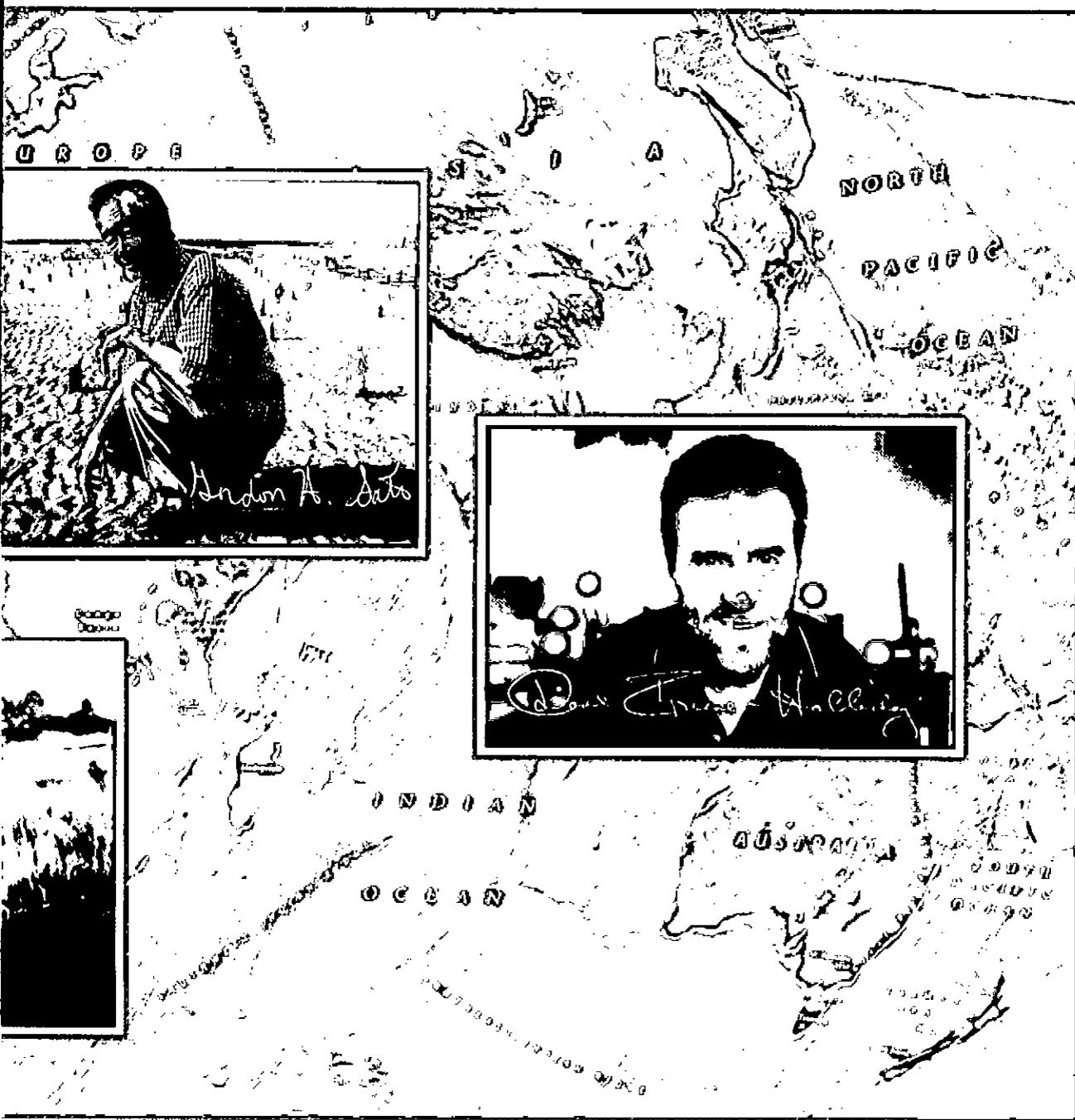


CINCO LAUREADOS DE CUATRO CONTINENTES. UN OBJETIVO: MEJORAR EL FUTURO DE LA HUMANIDAD.

Aunque sus proyectos son tan diferentes como sus orígenes, los Laureados Rolex 2002 tienen mucho en común. Todos creen que es importante trabajar para favorecer a la Humanidad y al planeta. Están empeñados en que su trabajo y sus conocimientos sirvan para ese fin. Y saben bien que ese esfuerzo de un solo hombre o de una sola mujer puede suponer una gran diferencia para la vida de muchas personas.

José Márcio AYRES: El primatólogo y ecólogo Márcio Ayres ha centrado todos sus esfuerzos en la conservación de la vida salvaje en su Brasil natal, y para ello ha creado la zona protegida de selva tropical más grande del planeta.

Lindy RODWELL: La zoóloga sudafricana Lindy Rodwell ha liderado una iniciativa para proteger las grullas, y los humedales que constituyen su hábitat, en su país natal y en todo el sur y el centro del continente africano.



Gordon SATO: El biólogo norteamericano Gordon Sato utiliza la luz solar y el agua del mar en un proyecto agrícola que está mejorando la vida de los habitantes de la estéril costa de Eritrea.

Dave IRVINE-HALLIDAY: El ingeniero electrónico canadiense Dave Irvine-Halliday ha adaptado una tecnología de punta para llevar una iluminación económica a miles de hogares rurales de países en desarrollo.

Michel ANDRÉ: Empeñado en acabar con las mortales colisiones entre ballenas y barcos, el biólogo marino francés Michel André ha diseñado un sistema que protege a las ballenas al tiempo que beneficia a la navegación y al turismo.



Perpetual Spirit

FUNDACIÓN INSTITUTO DE BIOLOGÍA Y MEDICINA EXPERIMENTAL



Reproducción de la medalla otorgada al Dr. Bernardo A. Houssay
en ocasión de recibir el Premio Nobel en 1947

La Fundación Instituto de Biología y Medicina Experimental (IByME), fue creada en 1949 por el Dr. Bernardo A. Houssay para impulsar la investigación científica, estrechar vínculos con instituciones con fines análogos y acrecentar la formación de recursos humanos. Este espíritu de excelencia perdura hasta nuestros días.

La Fundación IBYME constituye además, la primer Unidad de Vinculación Tecnológica aprobada por la Secretaría para la Tecnología, la Ciencia y la Innovación Productiva, posibilitando su interacción con empresas privadas y organizaciones no gubernamentales.

Vuelta de Obligado 2490 (1428), Buenos Aires

Tel.: 4783-2869

Fax: 4784-2564

Correo electrónico: ibyme@dna.uba.ar

Enzimas de Amplificación (PCR y RT-PCR)

Oligonucleótidos

Cloníng (VECTORES TOPO)

Cultivo celular (GIBCO)

Transfección (LIPOFECTAMINA Y LIPOFECTAMINA 2000)

Electroforesis de Proteínas 1 D Y 2 D

Bioinformática (INFORMAX)

Drug Discovery (PAN VERA)



Invitrogen Argentina S.A.

Iturri 1474

C1427AED Cdad. Autónoma de Bs As

TE: +5411 4556-0844 FX: +5411 4556-0744

arorders@invitrogen.com

www.invitrogen.com.ar



LA ADOPCIÓN DEL SISTEMA MÉTRICO DECIMAL EN BUENOS AIRES.

Juan Carlos Nicolau

Instituto de Historia de la Ciencia y
de la Tecnología. Sociedad Científica
Argentina
nicolau@infovia.com.ar

Medir es comparar con un patrón de medida. Estos patrones fueron en un principio los elementos naturales más comunes al alcance del hombre.

Una rama de árbol, el pie, la mano o el codo humano, sirvieron como unidades mediante las cuales se puede comparar la magnitud de los objetos, o distancias a medir entre distintos puntos geográficos.

En el antiguo Egipto, alrededor del año 3000 a.c las medidas lineales eran referidas a la longitud del brazo, desde el codo a la punta de los dedos extendidos, a tal efecto se construyó un patrón en granito negro, que se utilizaba como medida de referencia.

Los babilonios, asiros y fenicios establecieron distintos sistemas de pesos y medidas, en tanto que los griegos utilizaban como unidad de longitud el dedo (19,3mm); dieciséis dedos eran equivalentes a un pie, mientras que 24 dedos representaban un cubo Olímpico, este último coincidía con las medidas egipcias.

En Florencia, Galileo Galilei menciona el uso del codo (braccia) cuya dimensión variaba de acuerdo con cada región, en Reggio era equivalente a 0,53 m, mientras que en Venecia era equivalente a 0,68 m.

Estos antecedentes históricos prueban que los patrones de medida son definiciones arbitrarias, fijadas por convenios o convenciones de una determinada sociedad con el propósito de satisfacer sus necesidades de subsistencia.

EL SISTEMA MÉTRICO DECIMAL.

En abril de 1790 un miembro destacado de la Asamblea Francesa, Talleyrand, introdujo un tema al lanzar un debate que condujo a dar instrucciones a la Academia Francesa de Ciencias para preparar un informe acerca de la posibilidad de utilizar un sistema uniforme y racional que reemplazara la anarquía existente entre las medidas usadas en las actividades prácticas cotidianas. Luego de estudiar el problema, la Academia recomendó que se efectuará la medición del meridiano del globo terrestre, que pasaba por París, desde el Polo Norte al Ecuador. De esa distancia se tomaría la diez millonésima parte, la cual sería denominada metro, la base de un sistema lineal decimal, de éste posteriormente se deduciría una nueva unidad de peso.

Gabriel Mouton, de la ciudad francesa de Lyon, anteriormente había sugerido un tal sistema basado en tres proposiciones para su definición, decimalización, prefijos racionales y medición de la tierra. Esta propuesta, efectuada en 1670, no tuvo eco y fue necesario esperar a la Revolución Francesa para lograr ser discutida.

En 1791 se constituyó un comité de doce matemáticos, geodesicos y físicos para el estudio del problema, el cual a su vez encomendó a dos ingenieros, Jean Delambre y Pierre Mechain para realizar las operaciones necesarias destinadas a determinar la longitud del nuevo patrón de medida, el metro.

Cuatro años mas tarde, se adoptó la decisión de establecer en Francia, el sistema métrico como método legal para definir los pesos y medidas utilizadas en las actividades comercia-

les e industriales. Se adoptaba el largo, la masa y la capacidad normal, en base a las dimensiones propuesta por los ingenieros citados, siendo el metro "una diez millonésima parte de un cuadrante de la Tierra"; el gramo, la unidad de masa, igual a la masa de un centímetro cúbico de agua a la temperatura de máxima densidad (4°C), mientras un cilindro de platino, conocido como el "kilogramo del Archivo" fue fabricado para representar la unidad de 1000 gramos.

Los nombres para los múltiplos y submúltiplos de toda las unidades se uniformaron utilizando a tal punto, los prefijos griegos (B.E.,1974,tº.19,730).

PRIMEROS ANTECEDENTES EN BUENOS AIRES

El Registro Estadístico de la Provincia de Buenos Aires fundado por iniciativa de Vicente López, en febrero

de 1822, con el propósito de dar a conocer la actividad social, económica y cultural mediante la publicación de los datos de la producción, instrucción pública, estado sanitario y discusión de los problemas más relevantes de la ciudad, como ocurría con la necesidad de construir un puerto, encontró a poco andar la imposibilidad de coordinar sus estadísticas debido a la anarquía existente en las unidades de pesos y medidas utilizadas en la vida diaria, que no eran otras sino las heredadas de las autoridades españolas. Para tratar de solucionar esta situación era preciso efectuar un registro de todas las unidades que se utilizaban en las prácticas corrientes del comercio y establecer las equivalencias correspondientes.

Esta tarea estuvo a cargo del profesor de matemática Avelino Díaz, y publicada a partir del N°5 del citado Registro Estadístico. Éste además de las equivalencias acompañó los datos numéricos con un extenso informe que fue el primer análisis que se realizó del sistema de medidas utilizado en la época colonial, donde efectuaba una descripción minuciosa y en detalle de las distintas unidades utilizadas para medir longitudes, pesos, capacidades y volúmenes.

El problema de la equivalencia de unidades fue discutido en las sesiones de la recientemente constituida «Sociedad de Ciencias Físicas y Matemáticas», designando una comisión integrada por Lozien secretario de la institución, Díaz y Muñoz con el objeto de investigar, primero, "el estado de nuestras medidas de uso y subdivisiones" y luego, la conveniencia de adoptar el sistema métrico decimal, considerado los medios más eficaces para su puesta en ejecución. (R.E., 1822, n°5)

En la edición del 15 de agosto de 1822, "La Abeja Argentina" un periódico que recogía los temas relacionados con las ciencias, hacía referencia al artículo publicado en el Registro Estadístico, para señalar "el mal estado de los patrones de esta ciudad, o por mejor decir la falta de su existencia", excepto "el de la cuartilla o cuarta parte de la fanega".

Esta situación afectaba al comercio, motivo por el cual se consideraba necesario enmendar los errores de es-

tos patrones mediante la confección de otros nuevos. Después de efectuar algunas comparaciones de la vara utilizada en Buenos Aires, con las medidas de Castilla, las yardas inglesas y las toesas francesa, señalando sus discrepancias entre sí, como conclusión se indicaba la necesidad de corregir esta situación procediendo a la conversión "de la vara del país en el metro y la libra en otro peso que tuviese una cabal relación con la unidad lineal, con tal que no se mudase los nombres" (15-8-1822) (B.M., 1960, n°12).

En el informe redactado por la Sociedad mencionada, el 7 de abril de 1823, con motivo de la celebración del primer aniversario de la institución, se comentaba que la comisión para el estudio del sistema de medidas había asignado a "nuestra vara" el equivalente de 867,7 centímetros, pero en las unidades correspondientes a la mediación de pesos se encontraron con dificultades para establecer comparaciones, sin especificar cuáles eran los obstáculos para lograr ese objetivo, probablemente la carencia de instrumentos adecuados que permitieran efectuar estas medidas (15-5-1823), (B.M., 1960, n°13).

Juan Álvarez, al realizar un estudio histórico muy detallado, del sistema de pesos y medidas, recopilando las distintas equivalencias utilizadas en Buenos Aires y el resto del país, señalaba que el vigente era heredado de los españoles, siendo en primer análisis tan caótico, antes de la adopción del sistema métrico debido a que "España no logró imponer el uso de un sistema uniforme a los habitantes de todas sus regiones, en parte porque ella misma estaba dividida en distintos países con gobiernos propios, en parte porque después de realizada su fusión política, las costumbres locales se opusieron a la vigencia de los decretos dictados por los soberanos para lograr la unificación de las prácticas comerciales" (Álvarez THE p.136).

Idéntico problema se sufría en Buenos Aires y las restantes provincias al momento de producirse la Revolución de Mayo. En esa ciudad se arrastraba este inconveniente desde el siglo XVIII, tal como se observa por los distintos y reiterados acuerdos del Cabildo en procura de mejorar el control de los pesos y medidas

utilizadas en las atahonas, las pulperías, y en los mercados de abasto.

La Sociedad de Ciencias Físico-Matemáticas cesó en sus actividades en el año 1823 debido a su incorporación a la Academia de Medicina, circunstancia que probablemente, entre otros factores, debió influir en el abandono de los intentos para la adopción del sistema métrico decimal (Nicolau, 1996).

MEMORIA SOBRE LOS PESOS Y MEDIDAS (1836)

Aquietados los enfrentamientos políticos y la guerra civil entre las provincias se alentaba en la provincia de Buenos Aires la posibilidad de encarar medidas tendientes a mejorar las condiciones del comercio y la producción afectadas por bloqueo extranjero al puerto.

No debe sorprender, entonces que se retomara el estudio acerca de la posibilidad de adoptar el sistema métrico decimal para regular por comparación los pesos y medidas de longitud, capacidad y volumen. En esta tarea vuelve a intervenir Felipe Senillosa, principal animador de toda acción tendiente al adelanto de la enseñanza y aplicación de las matemáticas al progreso de la economía. Esta era la razón fundamental, "referida de uniformar los pesos y medidas que sirven de inteligencia común al comercio para la determinación de la cantidad en las especies que se truecan o enajenan en cualquier convenio". En la práctica, se trataba de un problema destinado a solucionar la ausencia de patrones de medida, corregir el deterioro de algunos de los existentes debido a constantes falsificaciones, que originaban las consiguientes discusiones afectando las transacciones comerciales entre consumidores, productores y comerciantes.

Al año siguiente tuvo lugar la designación de Juan Manuel de Rosas, como gobernador, el 7 de marzo de 1835, por la Sala de Representantes en una elección de 30 votos a favor y 4 en contra, entre estos últimos el de Senillosa. Éste en el mes de noviembre presenta una «Memoria», en su carácter de Comisionado especial del gobierno, para el nuevo arreglo y construcción de los «Patrones de los Pesos y Medidas» estableciendo "patrones" permanentes que se rela-

cionan "con otras unidades de pesos y medidas de las naciones con quien tenemos un comercio más activo" (Senillosa, 1835).

En la elaboración de este documento, su autor, declara que había contado con la colaboración del profesor Octavio Mosotti, previamente a su renuncia el año anterior a la cátedra de física en la universidad para regresar a Italia, su país natal (Baron, 1981, 121).

También participaron en la elaboración de este informe el agrimensor Pedro Benoit, miembro del departamento Topográfico y el señor Miguel Rodríguez que había traído desde Francia, varios "instrumentos de física y un laboratorio químico" y había facilitado, para efectuar las mediciones, "unas balanzas de excelente construcción y un kilogramo contrastado en París".

Rodríguez el 13 de mayo de 1830, fue propuesto para ocupar la cátedra de Física Experimental, designación que rechazó, según un documento existente del Archivo General de la Nación, manifestando que se encontraba dedicado a la creación de un establecimiento industrial. Durante su residencia en Europa había estudiado química y el 22 de junio del mismo año, informaba al gobierno su disposición para impartir lecciones de esa materia química en su establecimiento (AGN X-6-3-1).

Al año siguiente, en compañía del profesor Mossotti y de Carlos Ferraris, integró una comisión encargada de clasificar las piezas pertenecientes al Museo de Ciencias Naturales fundado por Bartolomé Muñoz (Baron, 1981, 90).

En un acto celebrado en el mes de junio de 1836, con la presencia de las autoridades del gobierno y el Presidente del Departamento Topográfico, don José Arenales, se procedió a la verificación de los patrones de longitud de la unidad vara, construida en bronce, con un metro de acero encargado en Francia y los patrones de capacidad, de cuartilla y de peso, siendo las unidades respectivas la vara, para longitudes; el frasco, para medidas de líquidos; la cuartilla, destinada a la medición de áridos (legumbres y granos) y la libra, como medida de peso, sobre la base de la vara y sus submúltiplos. Por consiguiente, en síntesis se trataba de otorgar reconocimiento legal a

los patrones destinados especialmente para servir en el contraste de los existentes, o la construcción de otros nuevos, siendo fabricados y examinados, una vara, un frasco y una libra. Estos patrones fueron entregados al Departamento Topográfico para su custodia y los restantes, que se describen a continuación al Jefe de Policía.

Los patrones de *longitud* consistían en dos varas de bronce, una de las cuales se cotejó con un metro de acero encargado en París; como patrón de longitud. Los patrones de *capacidad* consistían de dos frascos hechos de bronce perfectamente iguales de $170\frac{3}{8}$ pulgadas cúbicas; un medio frasco, un cuarto y un octavo de frasco. También se presentó un vaso cilíndrico de bronce cuya capacidad era de medio galón inglés de medir vino, por tratarse esta medida de aceptación general en los almacenes, particularmente en los de pintura y aceite.

Los patrones para *áridos*, de cuartilla y media cuartilla, eran de caoba guarnecidos en una cara en bronce, en figuras de trapecio y un rectángulo de bronce y finalmente, los destinados a controlar los pesos consistían en dos piezas de bronce de una libra cada uno y otro de media libra.

El decreto del 18 de Diciembre de 1835, por consiguiente, "aprobaba en lo concerniente al arreglo de nuestro contraste en la determinación de los pesos y medidas", en la Memoria presentada por Felipe Senillosa, sin embargo, no se menciona la aplicación y el uso del sistema métrico decimal que fue utilizado como referencia, ya que sin duda resultaba imposible pretender imponer legalmente dichas unidades, en un ambiente tan caótico, plagado de unidades antiguas y destinado a ser utilizado por "el vulgo, a quien no le es fácil comprender esta nueva nomenclatura" (Senillosa, 1835).

PROYECTO DE SARMIENTO PARA LA ADOPCIÓN DEL SISTEMA MÉTRICO DECIMAL

Habría que esperar más de dos décadas para que el 28 de julio de 1857, Sarmiento presente en la Legislatura provincial, un proyecto de ley propiciando que Buenos Aires adopte el sistema métrico decimal,

a fin de resolver la ausencia de un sistema pesos y medidas adecuados a las necesidades del comercio y la industria (ver Figura 1).

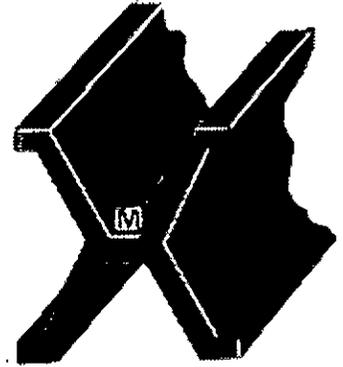


Fig. 1: Sección transversal de la barra de 102 cm. de longitud, de platino e iridio utilizado como "metro patrón" de gran dureza, elevado módulo de elasticidad y pequeño coeficiente de dilatación

El legislador sostiene al fundamentar su proyecto que no es preciso discutir los detalles del s.m.d. pues "tiene la ventaja de ser bien entendido hoy por todos", siendo posible "en cualquier lugar y momento, verificar las medidas" que se utilicen en las actividades comerciales y de la producción (Sarmiento, 1900).

Opina, además, que "no es, como generalmente se cree, por la ignorancia del pueblo" que no se adoptaran esas medidas ya que "son almaceneros, son tenderos, son pulperos" los que las utilizan, de "manera que son personas inteligentes" que poseen "la aptitud de comprender sus ventajas y la manera de usar estas pesas y medidas".

Sarmiento, educador al fin, señala que además de la necesidad de contar con un sistema exacto, de uso general en cualquier profesión o tarea, la adopción del s.m.d. significaría un gran adelanto en la enseñanza de la aritmética, debido a la división decimal.

El proyecto proponía autorizar al Poder Ejecutivo (PE) a establecer como obligatorio el sistema, a partir de 1860, imponiendo su utilización al Departamento Topográfico y a la Aduana. Por otra parte, declarado de uso legal, los tribunales y oficiales públicos no tramitarían ningún caso

que no estuviese presentado de acuerdo con ese sistema de medidas.

Los problemas políticos derivados del conflicto entre Buenos Aires y la Confederación Argentina impidieron la puesta en práctica del proyecto de Sarmiento a pesar de su aprobación por la legislatura de la provincia de Buenos Aires.

Sarmiento desde 1841, cuando redacta un artículo para «El Mercurio» de Chile, se ocupa en resaltar la necesidad de dar a "conocer la ventaja del sistema decimal" actitud que reitera en un informe fechado el 15 de marzo de 1855 donde señala que para "el estudio del sistema métrico decimal hice llevar a la clase las medidas métricas" y "un metro de madera con sus divisiones y las de las varas para compararlas" (Smith Bunge, 1938).

En la sesión del Senado del 21 de septiembre de 1857, vuelve a reiterar el tema, expone que se debía adoptar la ley "cuando no sea más que por el honor que resulta a Buenos Aires de ser uno de los pueblos del mundo que adopte esta legislación que ha de ser con el tiempo universal», palabras que como siempre lo colocaba a la vanguardia del progreso del país.

LA ADOPCIÓN LEGAL DEL S.M.D.

La Cámara de Diputados sancionó la ley N° 52, el 12 de septiembre de 1863, adoptando el sistema métrico decimal para todo el país y autorizando al Poder Ejecutivo para «declarar obligatorio en los diferentes Departamentos de la Administración y en todo el territorio de la República, el uso de aquellos pesos y medidas métrico-decimales que juzgue oportunos, según están allanados los obstáculos que se opongan a su realización».

Los obstáculos a que se hacía mención eran por un lado el desconocimiento existente en la sociedad acerca de las equivalencias entre las medidas y unidades en uso por parte de toda la población, lo cual requería una paulatina enseñanza de éstas para no ocasionar problemas en las transacciones comerciales e industriales y en luego, la

necesidad de confeccionar patrones que permitieran controlar el sistema a poner en práctica.

La ley con el objeto de subsanar estos problemas ordenaba que se confeccionaran cuadros de equivalencia entre los pesos y medidas en uso en las provincias y textos de enseñanza que permitieran difundir el nuevo sistema.

La aplicación de la ley volvió a demorarse en el tiempo seguramente debido a los inconvenientes mencionados. Debió transcurrir un lapso de más de diez años para que el 13 de julio de 1877, la ley N° 845, estableciera que a partir de 1887, es decir otra década, se impusiera el uso *obligatorio* del sistema métrico-decimal de pesos y medidas. A partir de enero de este año quedaba *prohibido* el uso de las pesas y medidas de otro sistema.

En la misma fecha, un decreto del P.E. reglamentaba la ejecución de la ley de pesas y medidas en sus distintos aspectos disponiendo los casos de aplicación del nuevo sistema, el contraste y verificación de los patrones, las penalidades a aplicar a aquellos que eludieran su utilización correcta y otras medidas tendientes a lograr la adecuada aplicación de las normas establecidas. Por un anexo se definían las equivalencias entre las antiguas y nuevas medidas de longitud, de capacidad y de peso y se establecían las características a que debían ajustarse los instrumentos y aparatos a utilizar, indicando los materiales a utilizar para la construcción de los patrones correspondientes.

Para ese entonces el gobierno argentino se había hecho presente mediante su embajador en Francia en la Conferencia de París, el 1° de marzo de 1875, para la formulación de un tratado internacional sobre la implantación del sistema métrico decimal, al cual adhirió posteriormente.

La adopción de estas leyes y regulaciones condujo paulatinamente a la implantación del sistema métrico decimal en todo el país, superando así las dificultades de los distintas medidas que se habían utilizado en el pasado y entorpecían el desarrollo comercial y productivo.

BIBLIOGRAFIA

- Alvarez Juan (1942). Temas de historia economica. Biblioteca Museo Mitre. B.A.
 - Baron Máximo (1981) - Octavio Mossotti. Ed. Culturales Argentinas. B.A.
 - Galileo Galilei (1945). Dialogos acerca de dos nuevas ciencias. B.A.
 - B.M. abreviatura por: Senado de la Nacion (1960). Biblioteca Mayo. vol VI Literatura. Periodico La Abeja Argentina. B.A.
 - Nicolau J. C. (1996). La Sociedad de Ciencias Físico Matemáticas de B.A. Revista «Saber y Tiempo» no. 2. B.A.
 - R.E. abreviatura por: Registro Estadístico de la Prov de Buenos Aires (1822) en Biblioteca de la Academia Nacional de Historia.
 - Sarmiento Domingo F. (1900) - Obras completas to. 18. Discursos parlamentarios. B.A.
 - Smith Bunge E. (1938) - El septuagesimo aniversario de la adopcion del sistema métrico decimal en la Republica Argentina en Boletín Matemático (septiembre). B.A. (*)
 - Senillosa Felipe (1835). Memoria sobre pesos y medidas. Imprenta Hullet y Cia. B.A. Biblioteca. Museo Mitre.
 - Torres Julio Cesar (1975) - Las pesas y medidas en la Argentina en el siglo XIX en Ciencia e Investigacion. Enero-febrero 1975. (*)
- (*) El autor agradece ambas referencias al Arq. Nicolás Babini quien facilitó las mismas del repositorio de la «Biblioteca Jose Babini».

LA RELACIÓN ENTRE LA QUÍMICA Y LA MATEMÁTICA

Ivan Gutman* y Eduardo A. Castro**

*Faculty of Science, University of Kragujevac, P.O. Box 60, YU 34000 Kragujevac, Yugoslavia

**CEQUINOR, Departamento de Química, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata, C.C. 962, La Plata 1900, Argentina

El cálculo diferencial e integral comenzó a usarse en la Química alrededor del período 1880-1890, en relación con la cinética química y la termodinámica. Esta línea de investigación prontamente adquirió identidad propia y así surgió la Fisicoquímica. El centro mismo de la Química no ha hallado todavía modelos matemáticos propios y adecuados, a pesar de algunos intentos tempranos (en la mitad del siglo XIX) y varios otros posteriores. Como consecuencia de ello, los químicos tradicionalmente no se han mostrado muy inclinados hacia las Matemáticas. Al emerger la Química Teórica (a principios del siglo XX) los conceptos centrales de la ciencia química (Tabla Periódica, enlace químico, reactividad química, estructura de las moléculas, etc.) pudieron ser explicados. Sin embargo esta tarea fue llevada a cabo principalmente por algunos físicos. Entre las razones que pueden explicar estos hechos se puede citar la gran dificultad de los químicos para comprender y manejar el formalismo matemático de la Mecánica Cuántica así como algunos errores conceptuales serios que se cometen al tratar distintas categorías de modelos y términos usuales en la Química y otras ciencias afines. Muchos comparten la opinión que toda la Química puede ser descripta adecuada y completamente por la teoría cuántica (ecuación de Schrödinger y otras similares). Sin embargo, esta afirmación debería tomarse con mucha precaución a fin de evitar posturas reduccionistas formalmente incorrectas.

En el año 1998 el Premio Nobel de Química fue otorgado a Walter Kohn «por su desarrollo de la teoría del funcional de la densidad» y a John A. Pople «por su contribución a los métodos computacionales en la química cuántica». Kohn posee un grado B. A. en Matemática y Física (1945), un grado de M. A. en Matemática Aplicada (1946) y un grado en Física (1948). Pople posee un Ph. D en Matemática (1951). Entonces, los laureados en 1998 en Química son, por su educación formal, matemáticos. Esto habla muy claramente de la gran importancia que la Matemática ha ganado en la Química Moderna.

La relación entre la Matemática y las Ciencias Naturales (o en términos más generales, la relación entre la Matemática y la realidad objetiva) es uno de los problemas más importantes de la metodología de las Ciencias Naturales y de la metodología de la Matemática. En este trabajo solamente consideraremos un aspecto de esta relación: la aplicación y la extensión de la Matemática a la Química. Nosotros estaremos principalmente interesados si y (en caso afirmativo) cómo las estructuras y los métodos matemáticos existentes pueden ser aplicados adecuadamente a la Química. El problema inverso, o sea

de que manera los hechos químicos y las teorías que los sustentan pueden llegar a influenciar la investigación matemática no será discutido aquí, lo cual no implica que tal clase de influencia necesariamente no exista.

La matematización de una ciencia ocurre cuando sus nociones y teorías están concebidas, fundamentadas y relacionadas con suficiente rigor y precisión. Entonces, la matematización siempre refleja una instancia más madura en el desarrollo de tal ciencia. Diferentes áreas concernientes a las Ciencias Naturales pueden ajustarse de distintas maneras a las estructuras matemáticas

existentes o aquellas son desarrolladas de una forma ad hoc. En algún sentido, la Química se ubica entre la Física (donde la Matemática encontró una aplicación casi universal) y la Biología (donde las aplicaciones matemáticas son bastante modestas). Esta observación implica que en la Química estamos enfrentados con una suerte de interferencia entre estos dos extremos.

1. UN POCO DE HISTORIA 1.1. El Principio

Hasta el siglo XIX la Química y la Alquimia estaban severamente limitadas al mero

registro de datos empíricos y llevó mucho trabajo crear alguna clase de teoría abstracta. En 1786 Kant dijo «Yo afirmo que cada rama de la ciencia natural contiene sólo tanta ciencia como contenido matemático pueda albergar Entonces la Química debe excluirse de las denominadas Ciencias Naturales». Si bien se puede estar en desacuerdo con la opinión de Kant acerca de la importancia de la Matemática en las Ciencias Naturales, su juicio emitido en el siglo XVIII sobre la Química y la vinculación con la Matemática es correcto. Habiendo transcurrido tantos años desde el momento de efectuar tal afirmación, la situación hoy día no es muy distinta.

Sin embargo, hacia el final del siglo XIX el panorama cambió radicalmente. En el corto lapso que va del año 1880 a 1900 emergió una ciencia enteramente nueva, ubicada entre los límites de la Química y la Física: la Fisicoquímica. Su primer éxito está asociado con el descubrimiento de la ley de acción de masas (Guldberg & Waage, 1876-1878) y las leyes fundamentales de la Termodinámica Química (van't Hoff, 1886). A modo ilustrativo podemos mencionar que en el año 1887 comenzó a aparecer la revista «Zeitschrift für Physikalische Chemie» y que en 1896 lo hizo el «Journal of Physical Chemistry», y que en esa época trabajaron investigadores de la talla de van't Hoff, Arrhenius, Gibbs, Nernst y Ostwald. En efecto, el primer resultado químico que requirió una matemática de cierta complejidad parece haber sido la ley de acción de masas (1876-1878), en la cual se empleó el cálculo diferencial e integral.

El rápido desarrollo de la termodinámica química y la cinética química hacia fines del pasado siglo XIX y los comienzos del siglo XX tuvieron como resultado el proyectar la impresión de que el fin aforado, aquel que tantos químicos habían soñado, finalmente se llegaba a materializar, o sea que la Química se convertía en una ciencia deductiva, en la que sólo era necesario establecer algunos pocos

principios básicos, a partir de los cuales el resto podía deducirse. Se demostró que conociendo las propiedades estáticas (i.e. independientes del tiempo) y dinámicas (i.e. dependientes del tiempo) de los compuestos químicos era suficiente para determinar experimentalmente sólo unos pocos parámetros (las denominadas constantes de equilibrio para el caso de las propiedades estáticas y las constantes de velocidad para proceder a la determinación de las propiedades dinámicas) y así poder llegar a establecer su dependencia con la temperatura. Como estas constantes de equilibrio y de velocidad son funciones continuas y regulares de la temperatura, la Fisicoquímica pudo aplicar exitosamente el poderoso formalismo del cálculo diferencial.

1.2. Aparecen las dudas

La desilusión se fue instalando gradualmente, cuando se comprendió que las teorías fenomenológicas, tales como la termodinámica y la cinética química no pueden, en principio, ser utilizadas para el cálculo (o sea, la predicción) de las constantes de equilibrio y de velocidad. A los fines de comprender esta imposibilidad citemos a Heisenberg: «La Química está vinculada a la calidad de la materia, su composición elemental y con la posibilidad de obtener una sustancia a partir de otra. La Física, por el contrario, está interesada en las relaciones cuantitativas entre fuerzas, masas y movimiento». De acuerdo con esta clasificación, casi toda la Fisicoquímica y una parte de la Química «usual» deberían ser incluidas en la Física, cosa que por supuesto, es discutible. Lo que sí resulta importante (y acerca de lo cual podemos estar seguramente de acuerdo) es que la «calidad de la materia» es el objetivo básico de la Química.

El principal problema de la Química está en saber cómo la estructura de un compuesto está vinculada con las propiedades de ese compuesto, o, lo que es lo

mismo, cómo las constantes de equilibrio y de velocidad dependen de la estructura del compuesto considerado.

Sin el apoyo de una teoría matemática subyacente, alrededor de la mitad del siglo XIX se desarrolló en el campo de la Química Orgánica la noción de «fórmula estructural». Algo más tarde, se elaboraron ideas similares en el área de la Química Inorgánica, especialmente por medio de los trabajos de Werner. Curiosamente, muy pronto los matemáticos reconocieron que las fórmulas estructurales conllevaban un rico contenido matemático. Así, Sylvester (que fuera un distinguido matemático de esa época) escribe en 1874: «Cuanto más estudio Química, más quedo impresionado por la armonía que existe entre las teorías químicas y algebraicas». Desgraciadamente, la investigación en este sentido fue interrumpida prontamente, para ser retomada sólo hace poco tiempo. Una de las razones para poder llegar a entender esta situación puede ser que en esa época la atención de los matemáticos orientados hacia la Química fue fuertemente atraída hacia los campos de la termodinámica y la cinética química (ver más arriba).

La otra razón que posiblemente pueda explicar este estado de cosas es el tradicional complejo de inferioridad de los químicos respecto de la Matemática. Esto tiene sus raíces históricas, pero también surge del hecho de que a pesar de numerosos sueños, esperanzas y esfuerzos, hasta el presente no se ha llegado a desarrollar un formalismo matemático adecuado, capaz de describir las cualidades de los compuestos, sus transformaciones e interconversiones y sus relaciones con propiedades cuantitativas. En consecuencia, la Química desarrolló su propio lenguaje en el cual las palabras (i.e. nociones específicamente químicas) no se encuentran definidas con precisión matemática (y quizás no lo puedan ser nunca), pero que para los químicos son «intuitivamente claras». Ejemplos de tales tér-

El postulado fundamental de Guldberg y Waage era que, para un sistema homogéneo, la velocidad de una reacción química es proporcional a las masas activas de las sustancias reaccionantes, tomándose la concentración molecular de una sustancia en disolución o en la fase gaseosa como una medida de su masa activa. A partir de ello desarrollaron un método para la comparación de afinidades, suponiendo que la constante de proporcionalidad era el coeficiente de actividad para las sustancias reaccionantes antes dadas. De esta forma, si dos sustancias A y B toman parte en una reacción reversible en la cual los productos son A' y B', y las masas activas en equilibrio son p y q y p' y q' , respectivamente, las velocidades de las reacciones directa e inversa serán $k p q$ y $k' p' q'$, respectivamente, donde k y k' son los coeficientes de afinidad. Como en el equilibrio las dos velocidades son iguales, entonces:

$$k p q = k' p' q'$$

y de aquí dedujeron Guldberg y Waage que, determinando experimentalmente las masas activas en equilibrio p , q , p' y q' se puede hallar la relación entre los coeficientes de afinidad k y k' . Posteriormente estos autores descartaron el término coeficiente de afinidad y utilizaron el de coeficiente de velocidad para k y k' y ello se corresponde con la interpretación moderna de estas constantes.

minos son estabilidad, reactividad, electronegatividad, aromaticidad, resonancia, electroafinidad, etc. Es bien sabido que hasta el presente se han publicado cientos de trabajos en los cuales se han propuesto una gran variedad de definiciones rigurosas y criterios precisos para estas y otras nociones específicamente químicas. Sin embargo, un análisis cuidadoso de todos ellos nos lleva a reconocer que estos intentos son siempre algo arbitrarios y un poco subjetivos y ellos no carecen por cierto de algún grado de ambigüedad. La actual aplicación de las matemáticas en la Química Teórica Moderna (excepto la Físicoquímica, ver más arriba, y la Química Cuántica, ver más abajo) es bastante tenue y consiste en una mezcla algo informe tomado de la Física o de la Físicoquímica. Como ilustración puede servir la mención del texto «QUÍMICA INORGÁNICA. Introducción a la Química de coordinación del estado sólido y descriptiva», Glen E. Rodgers, McGraw Hill, Madrid, 1995 el cual carece por completo de fórmula matemática alguna.

2. EL ADVENIMIENTO DE LA QUÍMICA TEÓRICA

2.1. Los primeros pasos experimentales y teóricos

Hacia fines del pasado siglo XIX se descubrieron los rayos X, el electrón y la radiactividad, que luego dieron como resultado el establecimiento de la estructura atómica. Se podría destacar un período de casi 20 años en el que la Química estuvo sujeta a cambios revolucionarios hacia principios del siglo XX. En efecto, a modo de referencia histórica y sin ninguna pretensión de dejar a un lado diversos aportes de gran significación; podemos destacar la sugerencia hecha por primera vez por Richard Abegg en 1904 de la existencia de una correlación entre la Tabla Periódica y el número de electrones de valencia y la aparición de la obra clásica de Gilbert Newton Lewis en 1923 «Valence and the Structure of Atoms and Molecules».

La teoría que desarrolló Bóhr en el año 1913 para la explicación (o, para ser más precisos, para la descripción) de algunos de los hallazgos experimentales, le permitió racionalizar la Tabla Periódica de los Elementos (1918-1920). Esto fue un logro mayor ya que por primera vez la estructura (de los átomos) se conectaba con propiedades cualitativas (de los elementos químicos). Luego que la Mecánica Cuántica fuera formulada por de Broglie, Heisenberg, Schrödinger, Born, Dirac, Jordan y otros (1925-1926) pareció que, en principio, esta nueva teoría podría resolver cualquier problema químico.

Además, el límite entre la Química y la Física pareció desvanecerse por completo. En las palabras de Heisenberg: «*Ha emergido una nueva teoría de la materia, en la que la diferencia entre la Física y la Química carece esencialmente de sentido*».

Los métodos de la Mecánica Cuántica, aquí solamente puntualizaremos que la única interacción que necesita ser tomada en cuenta para los estudios de los problemas químicos es la usual y bien conocida ley de fuerzas de Coulomb. Para los sistemas químicos podemos escribir sin mayores di-

Las desigualdades de Heisenberg muestran que el producto de las dispersiones de dos variables arbitrarias que no conmutan no puede ser menor que una cierta cantidad, que depende del valor esperado de su conmutador. La expresión matemática es:

$$\langle (DA)^2 \rangle \langle (DB)^2 \rangle \geq \langle C \rangle^2 / 4$$

donde $[A, B] = AB - BA = iC$

con A y B dos operadores hermíticos que no conmutan. En la literatura estándar a estas desigualdades se la llama relaciones de incertidumbre o relaciones de indeterminación. Puesto que los calificativos "incertidumbre" e "indeterminación" implican una interpretación subjetiva el primero y física el segundo, según la presentación usual, no se debería usarlos para evitar confusiones e interpretaciones arbitrarias. Es preferible llamarles desigualdades y no relaciones, pues en verdad son lo primero y no lo segundo.

Sin embargo, vale la pena destacar una situación bastante paradójica. Entre los diversos factores que han contribuido manifiestamente a los cambios de la Química en este período de principios del siglo XX (la hipótesis cuántica, la espectroscopía, las descargas eléctricas, la Tabla Periódica, la electroquímica y la radiactividad), hay dos que son de naturaleza específicamente química y ellos son la Tabla Periódica y la electroquímica. La consulta bibliográfica a la literatura de ese período muestra que ambos tópicos tuvieron un papel decisivo en el establecimiento de la moderna teoría electrónica de la valencia. Pero sucede que en los libros de texto y en las referencias bibliográficas generales de estos temas, se los presenta como derivados de (antes que contribuyentes a) la moderna teoría electrónica de la valencia, que usualmente es atribuida con exclusividad a los aportes de los físicos. De hecho, no sólo los químicos ofrecieron contribuciones significativas a esta teoría a través de la electroquímica y de la ley periódica, sino que hubo aportes de gran importancia en la labor de Sir William Crookes en sus estudios de descargas eléctricas en muestras gaseosas así como el virtual dominio de los químicos en las investigaciones sobre radiactividad hasta el año 1920. Después de todo, no está demás recordar que el premio Nóbel otorgado a Rutherford fue en la especialidad Química y no Física por sus trabajos sobre la teoría de la desintegración radiactiva.

2.2. Llega la Mecánica Cuántica

Sin entrar en mayores detalles acerca de

las dificultades una ecuación diferencial (la denominada ecuación de Schrödinger), cuya solución nos suministra todas las propiedades (químicas y de cualquier otra clase) del sistema en consideración. Al menos, eso es lo que se piensa al presente. El optimismo de los científicos de aquella época (así como en épocas posteriores) está claramente expresado en las palabras de Dirac (1929): «*Las leyes físicas subyacentes para la teoría matemática de una gran parte de la Física y de toda la Química son totalmente conocidas [a menudo esta cita famosa termina aquí, pero en verdad continúa de la siguiente manera] y la dificultad reside solamente en que la exacta aplicación de estas leyes conduce a ecuaciones muy complicadas para ser resueltas*».

En su forma más general la ecuación de Schrödinger tiene la forma

$$EY = HY$$

donde Y es la función de onda (o función de estado) del sistema

$$E = ih/2\pi \partial/\partial t$$

$$H = T + V \text{ operador energía cinética + operador energía potencial}$$

La ecuación de Schrödinger se puede interpretar como la equivalencia a todo tiempo de la acción de estos operadores sobre las correspondientes funciones de onda de Schrödinger.

En muchas oportunidades se ha afirmado que en el futuro (cercano) las reacciones químicas podrán ser llevadas a cabo

«en el papel» y que el cálculo de una reacción química y las propiedades de un compuesto serán una labor de rutina, similar a los cálculos requeridos para la construcción de un puente en el área de la ingeniería civil.

El primer cálculo de naturaleza químico-cuántico se concretó en 1927 para la molécula de hidrógeno (H_2). Sin embargo, la verdadera expansión de la Química Cuántica comenzó con el advenimiento de las poderosas computadoras emergentes en la segunda mitad del siglo XX y su expansión sigue todavía en franco progreso. No hay impedimentos fundamentales para llegar a resolver la ecuación de Schrödinger para cualquier clase de sistema de interés químico, aunque ello pueda requerir procedimientos computacionales extremadamente costosos. Los numerosos logros alcanzados hasta el presente son innegables. Sin embargo, aunque ahora la situación es significativamente diferente con respecto a los casos de la termodinámica y la cinética antes citados, nosotros consideramos que no hay suficiente espacio para desenvolver un optimismo exagerado. En este punto, merecen discutirse algunas de estas dificultades acerca de este tema.

2.3. Las dificultades

La aproximación mecano-cuántica a la Química es una moneda con dos caras. En efecto, por una parte, al apelar al formalismo matemático de la Física Cuántica es posible describir todos los conceptos fundamentales de la Química: valencia, reactividad, estructura química, etc. Por otra parte, esto ha sido desarrollado con el lenguaje de la Física Teórica. En el campo propio de la Química Cuántica, las cantidades básicamente estudiadas no son de interés directo para el químico (por ejemplo, funciones de onda, densidad electrónica, niveles de energía, etc.) en tanto que las cantidades de importancia específicamente química se derivan sólo por medios indirectos. De tal forma que es una cuestión abierta a la discusión, al análisis y a eventuales propuestas, si el sistema de categorías propias de la Física Cuántica es verdaderamente apropiado para el estudio de los problemas químicos. ¿Podría ser que el precio que debe pagar el químico para «proyectar» la Química desde el campo de la Mecánica Cuántica al propio terreno sea la pérdida de los conceptos más caros y preciosos al propio quehacer y entender su propia ciencia y que han sido adquiridos y desarrollados en su largo desarrollo? ¿No será que las complejas explicaciones físicas de varias nociones sencillas constituyen un serio impedimento para desarrollar a pleno un razonamiento

químico adecuado? ¿La aproximación física al estudio, análisis y comprensión de las nociones fundamentales de la Química es realmente necesaria para alcanzar un razonamiento químico correcto? Veamos un ejemplo ilustrativo: Los químicos contemporáneos están bien entrenados para pensar en términos de conceptos tales como «hibridación», «resonancia», «orbitales moleculares», «localización/ deslocalización orbital», etc. y la mayor parte de ellos creen que estas nociones tienen un carácter real. Sin embargo, todos estos conceptos son construcciones teóricas (que surgen en contextos formalmente arbitrarios y dentro de los cuales se trata de resolver la ecuación de Schrödinger de manera aproximada), que sirven para nombrar a ciertos objetos matemáticos y/o transformaciones matemáticas totalmente relativas y que poseen tanta realidad física como la pueden tener los términos «logaritmos» o «integración por partes». El origen de tamaño confusión es sencillo: muchos de aquellos químicos que usan nociones tales como «hibridación», «resonancia», etc. tienen una mínima idea bastante difusa y a menudo errónea de estos conceptos.

R. G. Wooley (1978) ha obtenido un resultado importante al llegar a demostrar que el concepto de estructura (tanto en Química como en Física Nuclear) es independiente de la Mecánica Cuántica, y debe ser adicionado a esas ciencias como un postulado ad hoc. De esta manera tal demostración invalida la opinión ampliamente aceptada que la Química puede ser construida deductivamente dentro del campo de la Física Cuántica. Esta cuestión pone de manifiesto el carácter problemático que tienen las concepciones clásicas y modernas de las ideas y modelos químicos más relevantes. En verdad, los químicos no han mostrado mucha consideración a las dificultades emergentes de la reducción de los conceptos clásicos a los modernos. Las razones de tal grado de desinterés y desconocimiento pueden ser tanto de naturaleza histórica como de tipo psicológico. Los teóricos cuánticos parecen sentir una fuerte necesidad de hacer contacto con la idea clásica de estructura molecular, ya que dicha noción es el paradigma central de la ciencia molecular. Por otro lado, aquellos que se basan esencialmente en los modelos clásicos de la estructura molecular se encuentran inclinados a creer que dichos modelos son totalmente reducibles a la física cuántica pues la ciencia física se supone que es más básica que la química y, en consecuencia, se encuentra mucho más próxima a lo que una ciencia apropiada debiera ser. Además, el compartir términos comunes en

las teorías clásicas y cuánticas también contribuye a la relación problemática entre los conceptos químicos cuánticos y clásicos.

3. Empiezan a aparecer soluciones

En los últimos tiempos se ha prestado gran atención a la idea de que los conceptos científicos cambian de contenido según sean empleados para explicar fenómenos substancialmente diferentes. Y así, es posible hablar de «electrones químicos» y «electrones físicos». El significado del concepto «electrón» es distinto en ambos casos: el primero se asocia a una masa fija y un tiempo de vida infinito, en tanto el segundo se considera de masa variable y un tiempo de vida finito. Análogamente, el concepto «molécula» posee diferentes significados cuando se lo considera como un agrupamiento estructurado de átomos que se mantienen unidos por enlaces químicos bastante rígidos o como un conjunto de núcleos y electrones deslocalizados en el cual todas las partículas idénticas son indistinguibles.

Parece resultar evidente que en Química se usará, y probablemente siempre será así, grupos de conceptos irreducibles y no equivalentes que comparten una denominación común, tales como «átomo», «molécula», «estructura molecular», «enlaces químicos», etc. La situación parece no ser diferente respecto de la que enfrentan los psicólogos, los antropólogos y los economistas cuando se refieren a las «necesidades humanas». Dichas necesidades a las cuales hacen referencia cada grupo disciplinario son a menudo bastante diferentes ya que los seres humanos se pueden considerar válidamente como individuos, como miembros de un agrupamiento social y como actores políticos y económicos en la sociedad de masas. Además, los variados significados del término «necesidades humanas» no son reducibles en último término a ningún conjunto primario de significados básicos a partir de los cuales los demás puedan ser derivados. En efecto, nos encontramos bastante alejados de la situación reduccionista de poder tener una ciencia de la economía y/o de la antropología derivable de la psicodinámica freudiana o junguiana. El pluralismo en los significados de los conceptos es un hecho evidente en el quehacer intelectual, y ello tiene importantes implicancias en el estudio, el desarrollo, la aplicación y la enseñanza de la Química. Resulta bastante claro que la posibilidad de predecir todas las propiedades de un sistema químico a partir de las soluciones de la ecuación de Schrödinger se basa en la suposición de que la Mecánica Cuán-

tica es suficientemente precisa a los fines químicos. Para esto, sin embargo, resulta indistinto si la Mecánica Cuántica es absolutamente precisa o no. Actualmente está bien establecido que la Mecánica Cuántica No Relativista no resulta suficiente para describir las propiedades de los elementos pesados (por ejemplo, no puede predecir que el mercurio es líquido a temperatura ambiente). En consecuencia, al realizar cálculos mecano-cuánticos precisos y exactos, se deben tener en cuenta las correcciones relativísticas a la ecuación de Schrödinger. Por otra parte, la posibilidad de que en el caso de moléculas muy grandes, la Mecánica Cuántica brinde predicciones incorrectas (puntuado por vez primera por Primas en 1967) no ha encontrado hasta el presente ninguna confirmación experimental. En todos los casos en los cuales la Mecánica Cuántica se aplica correctamente a los problemas químicos, los resultados obtenidos no se desvían de aquellos medidos experimentalmente.

4. A MODO DE UNA CONCLUSIÓN ABIERTA

4.1. Primera visión

Alguna vez dijo Einstein: «La Química es una ciencia muy importante e interesante a la vez, pero resulta muy difícil para los químicos». Lo que sigue podría ser entendido como una re-elaboración de esta afirmación.

La Teoría Cuántica ha hecho posible llegar a una explicación satisfactoria de las nociones básicas de la Química. Ya en 1859 Bunsen (un químico y uno de los fundadores de la Físicoquímica) descubrió que los átomos emiten un espectro característico para cada elemento químico. Eventualmente, esta propiedad llegó a constituirse en una herramienta importante en la Química Analítica y toda una disciplina científica de innegable valor y relevancia se ha conformado a partir de ella: la Espectroquímica. Sin embargo, la naturaleza de los espectros atómicos permaneció indefinida hasta 1913 cuando Bóhr (un físico) explicó el espectro del átomo de hidrógeno por medio de la teoría cuántica. Posteriormente, se pudieron comprender los espectros de otros elementos químicos a través de la aplicación de la Teoría Cuántica, especialmente luego del establecimiento de la ecuación de Schrödinger (1926). En 1921 Bóhr explicó la naturaleza de la Tabla Periódica de los elementos, uno de los pilares de la teoría química clásica. El otro pilar es la estructura química de las moléculas. El hecho de que los átomos están unidos para constituir moléculas se puede explicar formalmente por la formación de las uniones químicas en-

tre átomos. La naturaleza del enlace químico fue explicada por la teoría cuántica en 1927 por Heitler (un físico) y London (un físico). Hückel (un físico) dio una explicación en 1931 de la estructura electrónica del benceno, un verdadero enigma para los químicos que no podían resolver de manera alguna (aunque ellos trataron de hacerlo) desde mediados del siglo XIX.

Aunque hacia principios del siglo XX ya era claro que la teoría cuántica es de extraordinaria importancia para la comprensión de los fenómenos químicos, hasta el presente la mayor parte de los químicos no llegan a comprenderla de un modo satisfactorio. ¿Porqué? Nosotros pensamos que ello se debe a que la teoría cuántica usa un formalismo matemático extenso y complicado. Aún al día de hoy la teoría cuántica y sus consecuencias y aplicaciones químicamente relevantes se enseñan a los químicos de una manera sobre simplificada (a menudo errónea). Naturalmente, esto es fatalmente así cuando los propios profesores no comprenden lo que están enseñando a los estudiantes.

El resultado es lamentable: con unas pocas excepciones, los mismos químicos son totalmente incapaces de aprehender los mismos fundamentos de su propia ciencia. La teoría cuántica de los átomos, la teoría cuántica de la estructura química y la teoría cuántica de las reacciones químicas hoy día son disciplinas muy bien elaboradas pertenecientes al área de la Química Teórica. Desgraciadamente, esta teoría es muy difícil para ser comprendida y desarrollada creativamente por los mismos químicos. En este terreno, la iniciativa la llevan los físicos, los denominados físicos químicos. Por ello, no es de extrañar que la Química Teórica este siendo cada vez más una parte de la Física, denominada química-física. Sin embargo, no son pocos los químicos que hace algún tiempo han empezado a comprender este estado de cosas a partir de una educación básica en Físicoquímica que les ha hecho ver con bastante claridad los distintos contenidos conceptuales y así han aprendido satisfactoriamente qué es en verdad la Química Teórica.

4.2. Alternativas

La aprehensión adecuada de la Química requiere que ella sea considerada tal como es y no como ha sido artificialmente dividida en dos partes disjuntas: teoría y principios por un lado y experimentos y propiedades por el otro. En realidad resulta necesario explicar, racionalizar y sistematizar los fenómenos y característicos materiales, lo cual conduce al desa-

rollo y la aplicación de las teorías y el uso juicioso de los principios, pero lo opuesto no es cierto, o sea que la teoría determina los hechos químicos. Además, el conocimiento y el empleo de las teorías y los principios carecen de sentido si ellos no tienen una base de hechos materiales (fenómenos químicos, propiedades de las sustancias, características fisicoquímicas, datos experimentales, etc.) que pueden ser comprendidos y racionalizados en términos de aquellos principios y teorías. Esta debería ser la acepción verdadera del término "Química Moderna" y no como es usual encontrar en muchos textos contemporáneos la mera inclusión de algunos conceptos teóricos que conllevan la intención de aparecer como novedosos y/o actuales, pero que en realidad solamente sirven para confundir al lector.

Lo que resta por ver es qué grado de desenvolvimiento tendrán las generaciones futuras en este asunto y en que medida podrán enfrentar algunos de los desafíos planteados previamente en el sentido de poder encarar el desarrollo de una teoría específicamente química, dando así respuestas satisfactorias a las necesarias re-conceptualizaciones que seguramente se habrán de producir.

Uno de los factores que obran a favor de una adecuada formación en Química Teórica es que los jóvenes muestran una gran capacidad de manejo y comprensión de los medios informáticos, lo cual facilita en mucho el acercamiento a esta disciplina. En efecto, hasta no hace mucho tiempo, el dictado de los cursos de Química Teórica era básicamente abstracto, en el sentido de que solamente se ponía el acento en el dictado y explicación de los conceptos de una manera marcadamente formal. En el mejor de los casos, se recurría a alguna clase de ejercitación por medio de demostraciones teóricas complementarias del dictado de las clases teóricas. Con el advenimiento de grandes facilidades para adquirir hardware y la accesibilidad manifiesta del software asociado a los cálculos atómicos y moleculares, ahora el dictado de esos cursos puede ser adecuadamente realizado a través de una labor integradora de los desarrollos formales (clases teóricas), las ejercitaciones numéricas y deductivas (seminarios y clases de problemas) y los cálculos explícitos (clases prácticas).

Agradecimiento: Los autores de este trabajo desean expresar su agradecimiento al Comité Editorial por las útiles sugerencias para mejorar la presentación del manuscrito original.

DISCURSO AL ASUMIR EL CARGO COMO PRESIDENTE DEL CONICET



Eduardo Hernán Charreau
echarreau@conicet.gov.ar

Deseo agradecer a la Academia Nacional de Medicina, el ofrecimiento de su histórica Aula Magna para la realización de este acto y lo asumo como indicativo de la trascendencia que esta Honorable Academia le da al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

Es un honor aceptar el cargo de Presidente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

La vida ha sido más que generosa al haberme brindado la posibilidad de presidir las dos Instituciones tan queridas por su fundador el Profesor Bernardo Houssay. El Instituto de Biología y Medicina Experimental, un centro de excelencia que contribuyó a cimentar la Ciencia Argentina con investigadores como Leloir, Braun Menendez, Foglia, Orias, Lewis, Faciolo y Burgos, y el CONICET que logró formar más de una generación de científicos que fueron poblando nuestra Patria y con su labor, colocaron a la Argentina en el mapa mundial de la Ciencia.

Es también motivo de satisfacción, que independientemente de la designación actual, se haya vuelto a la sana práctica de considerar también otras virtudes y defectos de los candidatos a la Presidencia del CONICET y no meramente la pertenencia partidaria. Seguramente llegará el día, en que los mismos investigadores podrán elegir al presidente del organismo.

Además de con su ejemplo, en dos oportunidades puntuales Bernardo Houssay marcó el rumbo de mi vida. La primera: hace más de 35 años- cuando al finalizar mi post-grado externo y con todo el entusiasmo de juventud había decidido

aceptar un cargo de profesor en la Facultad de Medicina de Harvard, para lo cual tenía que cambiar de visa, no había evaluado un imponderable; quien debía autorizar tal cambio era el propio Houssay y para él; *"si bien la ciencia es universal, los científicos tienen Patria y por ella deben trabajar"*. Se me otorgó un mes para resolver los problemas familiares y retornar al Instituto. Mirando retrospectivamente al pasado, no me arrepiento de haberlo hecho.

La segunda -hace unas semanas- cuando debía decidir la aceptación de esta designación y en medio de sentimientos ambivalentes revisaba desordenadamente los papeles de mi escritorio en el que fuera su despacho, apareció inexplicablemente la copia de una carta que Houssay enviaba a un amigo desde su corto exilio en Washington y que en la parte pertinente decía *"Nos quieren hacer quedar y hasta ofrecen traer todo el personal de Buenos Aires, si quiero. Pero entre el 9 y el 12 de Abril estaré en Buenos Aires. El 31 de Marzo acaba mi compromiso. Los recursos son amplios, la gente amable, ávida para aprender, llena de interés científico. Pero no olvido que mi vida está consagrada a cosas casi imposibles, muchas de las cuales y otras inesperadas han ido llegando. Quiero dedicarme al desarrollo científico del país donde nací, me formé, tengo amigos, nacieron mis hijos, luché, aprendí, enseñé"*.

La Argentina es considerada un país con tradición científica, y ha contribuido al avance de ese campo con algunas figuras descolantes. No obstante, al comenzar un nuevo siglo, la ciencia en la Argentina no ha dejado de ser una actividad marginal, cualquiera sea el parámetro que se utilice para medir su peso relativo respecto de otras actividades. Sin embargo, el país conoció períodos de actividad académica y universitaria destacada, y durante algunos de ellos, se gestaron instituciones y modalidades de funcionamiento que fueron modelo para otros países de la región, como fue la creación del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas que significó el reconocimiento político que la investigación científica debía transformarse en profesión y que esta actividad era importante para la sociedad.

A pesar de los logros científicos indivi-

duales, el sistema científico perduró más como sobreviviente que como parte estratégica de Política Nacional. Las prácticas disruptivas en materia de políticas científicas determinaron la pérdida de una o más generaciones en diferentes campos de esa actividad. A su vez, las crisis económicas y sus secuelas de ajustes indiscriminados, han contribuido con lo suyo para, en un alarde de ironía, dar continuidad a la historia de discontinuidades. Es como si la Argentina mantuviera la eterna paradoja: una casi sistemática falta de apoyo y estímulo a la ciencia por un lado y por otro, un número de científicos destacados -no habitual en los países poco desarrollados- y una calidad no desdeñable en las investigaciones que se mantienen. Son oportunas aquí, las palabras de César Milstein *"tanto en la Ciencia como en el cuento Alicia en el País de las Maravillas, hay que correr mucho y muy rápido para estar en el mismo lugar"*.

En los últimos años, si bien el compromiso de los legisladores con el sector reflejó la adjudicación de un presupuesto constante, las partidas efectivamente giradas por el Tesoro Nacional se han ido disminuyendo, llevando al CONICET al incumplimiento de obligaciones. El país se encuentra hoy sensiblemente peor que años atrás en cuanto a la preparación de recursos humanos, constituyendo esto una hipoteca para el futuro. Su capacidad se caracteriza por ser un proceso acumulativo, en virtud de ello y por sobre toda otra consideración, se requiere perseverancia y continuidad en el tiempo, hecho que refuerza la importancia de cuidar el capital ya invertido, extremando las medidas para que rindan sus frutos.

Por ese motivo es necesario seguir atentamente las políticas sobre ingresos y promociones. La medida de restringir estos dos aspectos en tiempos de crisis económicas, resulta contraproducente por partida doble.

Por un lado, al constituir una señal inequívoca de la baja prioridad que se otorga a la formación de recursos humanos, abre justificados interrogantes respecto al futuro de los jóvenes y alimenta la desconfianza de estos en relación con sus posibilidades de desarrollo profesional. Por otro lado, no solo no evita sino que

contribuye a aumentar el peligro mayor de la emigración definitiva. Se necesita un cambio brusco que permita resolver rápidamente el problema de la reproducción de sus cuadros en número y calidad adecuados, así como las cuestiones fundamentales atinentes a su financiación y vinculación con otros sectores de la sociedad.

Solo un país que hace uso del conocimiento es un país capaz de ser competitivo a escala internacional, esto es, exitoso en la comercialización de productos o servicios con alto contenido tecnológico, obviamente propio, pues solo se puede hacer negocios con el conocimiento si este es propio. Por tanto nuestra visión es que debemos atender al problema del valor agregado inteligente que somos capaces de producir los argentinos como manera de ayudar a superar esta crisis sin fin.

Algunos estudios serios para nuestro país, indican que -en condiciones de crecimiento normal y aplicando los instrumentos horizontales habituales de fomento a la investigación- sería necesario incrementar en un período de diez años el número actual de científicos en algo más que un factor 3 y llegar a una inversión en ciencia y tecnología del 1,5% del PIB al cabo del mismo, si se desea que al final de ese período, la mitad de las cosas que la Argentina produce y comercializa tengan valor agregado inteligente.

Está claro que se requiere una voluntad política muy firme y un gran esfuerzo nacional para alcanzar la meta mencionada, si consideramos que hoy la Argentina cuenta con no más de 10.000 doctores en todas las ciencias, incluyendo las ingenierías, ciencias sociales y humanidades y que el post-grado en todas las disciplinas produce anualmente alrededor de 1000 graduados en Maestrías ó equivalentes y aproximadamente 500 doctores.

Siguiendo este criterio, es imprescindible que no se pierda ninguno más de los graduados con post-grados realizados y que se inicie simultáneamente un masivo reclutamiento de candidatos a doctores aplicando políticas claras y estables para mejorar la calidad y estructuración de los recursos, centrando el accionar en programas amplios de becas de formación y post-grado, de promoción del investigador y de grupos de investigación, como así también, adecuando los mecanismos de transferencia al sector productivo de los recursos humanos formados, en el marco de un desarrollo armónico del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.

La Argentina, no puede tener el desatino de perder o desaprovechar ni uno solo de sus recursos formados, ni los jóvenes que son nuestra esperanza, nuestro futuro; ni aquellos que a pesar del color de sus cabellos y la severidad de sus ros-

tros, siempre tienen veinte años para la acción o para el consejo y que por decisión de vida, se quedaron aquí, para construir, luchando en muchos casos contra la indiferencia y escasos recursos. Sumado a la formación de recursos humanos -de cuya importancia nos hemos extendido- el CONICET fundamentó su accionar en otros tres pilares: las carreras de Investigador y de Personal de Apoyo, las Unidades funcionales, y los mecanismos de promoción como la financiación de proyectos de investigación.

Como órgano de promoción científica con responsabilidad indelegable en el desarrollo equilibrado de las disciplinas científicas en las distintas regiones del país, debemos acudir en apoyo allí donde sea necesaria su presencia. Debe fijar además, una política clara para atender el desarrollo de las unidades de investigación vinculadas al mismo, sin que esto vaya en desmedro de los requerimientos de los individuos que no pertenezcan a ninguna unidad de investigación reconocida por el organismo. Es preciso recuperar las capacidades plenas de promoción, ejecución y coordinación científica que son sustantivas a su desarrollo y por ende al de la ciencia y la tecnología. Se deben arbitrar medidas urgentes que le permitan recuperar su flexibilidad y no encorsetar su accionar.

El proceso de evaluación merece una consideración especial. Los miembros del CONICET están acostumbrados a evaluar y ser evaluados permanentemente. Precisamente es un sello que los distingue el haber estado sometidos a la cultura de la evaluación. Sin embargo son necesarias ciertas precisiones. La rigurosidad de un sistema de evaluación no implica la rigidez y lentitud administrativa. Su revitalización se basa en la agilización de los instrumentos, la fundamentación de los dictámenes para ayuda del investigador, la limitación a los pasos estrictamente necesarios, la valorización del trabajo editorial de las revistas como etapa previa a la evaluación propia del organismo y la confianza de la comunidad científica en los evaluadores elegidos. Por otro lado se torna imprescindible la explicación "ex ante" de los parámetros de calidad deseable para cada evaluación, posibilitando a los interesados la autoevaluación de su propuesta o desempeño, como así también la publicación de los parámetros de calidad resultantes de un determinado concurso o convocatoria. Esto ayudará a hacer más confiable los procedimientos, tanto para los beneficiados como para quienes no alcanzaron los niveles de calidad pretendidos.

Señoras y señores, el CONICET como el País necesitan hoy más que nunca del esfuerzo de todos. Este Presidente del CONICET convoca a colaborar a todos sus miembros sin distinción y con la única condición de idoneidad científica y

moral, porque está seguro que sabrán responder con la honestidad de sus conductas y la generosidad de sus esfuerzos al llamado que el País necesita.

No menoscaba la dignidad de la función ni la investidura de la Presidencia, consultar a los que saben o tienen más experiencia. Un buen asesoramiento y un diálogo permanente con los actores del sistema es la mejor manera de pulsar demandas legítimas y detectar errores con vista a ser corregidos.

No escapa a la atención de los presentes, que la situación socioeconómica actual dificulta el cumplimiento de promesas y será necesario compatibilizar la forma de arbitrar medidas inteligentes sin pedir demasiado a las arcas del Estado. Los factores políticos-sociales que determinan el actual relego de la ciencia tienen raíces profundas que difícilmente se resuelvan en el corto plazo. Seguramente llegará el día en que se comprenderá el valor de la ciencia como motor imprescindible para el desarrollo del país. Cuando arribemos a esa etapa, el país ya será otro, buscar la excelencia en la ciencia será algo obvio, y tal vez ni la carrera de Investigador Científico será necesaria. Hasta ese entonces, los instrumentos que creó Bernardo Houssay parecen el norte más seguro por el cual guiarnos.

Las manifestaciones públicas y las conversaciones mantenidas con la Sra. Ministra de Educación, con el Sr. Secretario para la Tecnología, la Ciencia y la Innovación Productiva, y con las autoridades de las Comisiones pertinentes de ambas Cámaras Legislativas, abrigan la esperanza que la Ciencia en la Argentina no seguirá siendo tratada solamente como una cuestión de prestigio y enriquecimiento cultural, y por lo tanto su sostén limitado exclusivamente al requerimiento propio de estos valores.

Hace algunos días, un investigador amigo enterado de la noticia de mi designación, me recordaba el concepto que transmitía nuestro común maestro Don Bernardo Houssay "... a un hombre se lo conoce solo después de tres circunstancias, cuando pide, si lo hace con dignidad, cuando da, si lo hace con generosidad y cuando reparte, si lo hace con ecuanimidad". Otro de mis maestros el Dr. Carlos Cardini decía "una nueva misión que iniciar, un nuevo apostolado que realizar".

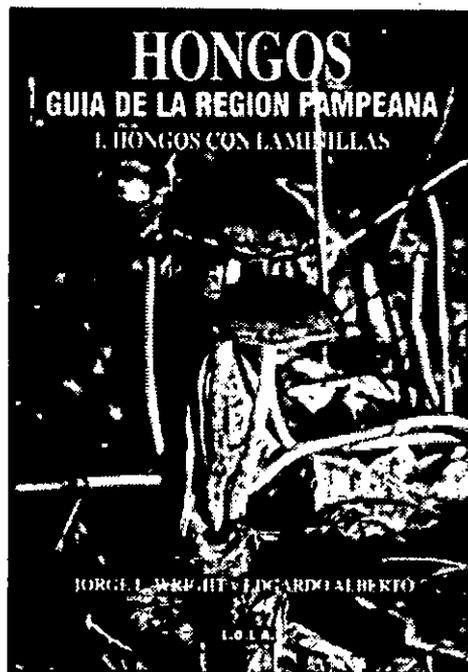
Señoras y señores; lo he mencionado en otras circunstancias, el cargo que hoy asumo no es para decorar ni envilecer, trasunta, la responsabilidad de servir con amor al progreso de la Institución; con el amor que enaltece los logros de la ciencia cuando se sirve a la vocación, sin orgullosos dogmatismos, sin excesos tumultuosos, sin saciedad desesperada y se sabe esperar la floración de rodillas ante el milagro de una nueva primavera.

COMENTARIO BIBLIOGRÁFICO

Hongos. Guía de la Región Pampeana

1. Hongos con Laminillas.

Jorge Wright y Prof. Dr. Edgardo Albertó



Este práctico libro es una obra rigurosa y exhaustiva que condensa las observaciones realizadas en un área de 400 km de radio con centro en la ciudad de Buenos Aires. Es en esta zona donde se concentra la mayor parte de las actividades productivas y población de nuestro país.

En su génesis se menciona el inusual y generoso apoyo de un grupo de personas canalizado a través de la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias como consecuencia de la lamentable intoxicación de un niño que actuó como catalizador de este esfuerzo.

Comprende esta obra una caracterización de los ambientes geográficos que abarca esta descripción, generalidades acerca del ciclo de vida de los agaricales y una excelente descripción de los caracteres macroscópicos utilizados para su identificación y consecuentemente una excelente clave para su clasificación taxonómica.

La descripción de los caracteres de campo permiten distinguir los principales géneros este grupo de hongos agaricales.

Además un detalla las características microscópicas que permite completar su clasificación e identificación para aquellas personas con mayor entrenamiento.

Hay un capítulo agrupando las intoxicaciones producidas por la ingesta de hongos y una excelente reseña de las especies mas frecuentes, incluyendo fotografías de muy buena resolución, esquemas de hallazgos microscópicos y una concisa clasificación gráfica desde los "muy buenos como comestibles" hasta los "tóxicos" o "mortales", luego de su ingesta. Las fotografías deberían tener alguna referencia para hacer más fácil la comparación de tamaños.

Entre sus aportes resalta una metodología orientadora, complementando este buen libro las direcciones para contactar los diversos centros de toxicología dentro y fuera de la región estudiada y un excelente glosario y bibliografía recomendada.

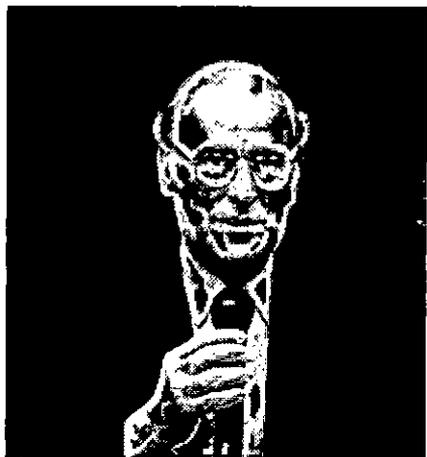
En síntesis, es una obra de lectura fácil y clara y una referencia obligada para los estudiosos de estos organismos.

Gabriel Gutkind.

Profesor de Microbiología, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires

GGutkind@ffyb.uba.ar

LA TRAGEDIA EDUCATIVA ARGENTINA



Guillermo Jaim Etcheverry

Rector de la Universidad de Buenos Aires

jaimet@mail.retina.ar

Tal vez una de las causas profundas que explique la crisis educativa actual quede demostrada por una curiosa paradoja. Cuando se pregunta a los padres argentinos cómo evalúan el estado de la educación en el país, el 70% de ellos, dependiendo del estudio, lo califica de regular, malo o muy malo. Sin embargo, cuando a esos mismos padres se les pregunta si están satisfechos con el colegio al que asisten sus hijos, el 76% se manifiesta satisfecho o muy satisfecho, mientras que solo un 7% se manifiesta poco o nada satisfecho. En otras palabras, la gente tiende a percibir que la Argentina atraviesa una situación crítica en materia educativa, pero la mayoría piensa que esa crisis no lo afecta personalmente. Cree que, por alguna situación milagrosa, ha logrado salvarse de esa crisis que afecta a los demás, que golpea a los otros.

El 88% de los padres que envían a sus hijos a escuelas de gestión privada está satisfecho, pero también

El problema educativo es muy grave y nos afecta a todos. Cada uno de nuestros hijos tiene derecho a ser exigido y a que le mostremos todas sus posibilidades. Y es preciso hacer un esfuerzo por volver a esas herramientas básicas que se están perdiendo. Los hijos del rey de España se sientan en la primera fila de las reuniones de las academias españolas, no porque les interese la biología molecular, el problema de la meteorología o los pormenores de la lengua; se sientan porque dan el testimonio de que al estado español eso le preocupa. Muchas veces, como dirigentes sociales no somos conscientes del papel de ejemplo que tenemos que asumir. Es preciso hacer un esfuerzo para educar lo mejor posible a la mayor cantidad de gente posible porque no hay salvación individual. Cada uno de nosotros depende de la calidad de quien tiene al lado. Al hablar ante la dirigencia de su época Sarmiento decía: "Si no los queréis educar por piedad, al menos hacédlo por miedo" Si no hacemos un esfuerzo para educar lo mejor posible a la mayor cantidad de gente posible, dentro de veinte o treinta años va a resultar muy difícil vivir en nuestro país. Si no hacemos un esfuerzo para lograr que nuestros chicos tengan las mentes lo más sofisticadas y complejas posible, quedarán a merced de una sociedad, que seguramente los va a formar bien como empleados de hamburgueserías o como repositorios de supermercados, pero difícilmente les preocupe generar una generación pensante, crítica y creativa que permita resolver los enormes problemas que nos plantea - y que sin duda nos va a seguir planteando - nuestro complejo mundo actual.

lo está el 79% de quienes los envían a escuelas de gestión estatal. El índice de satisfacción alcanza al 92% en padres de nivel económico alto y al 81% en aquellos de nivel económico bajo. Esa conformidad con la educación que están recibiendo los propios hijos, atraviesa todos los niveles de la sociedad argentina. Esta cuestión se ha investigado de modos muy diferentes. Por ejemplo, si se le pregunta a los padres cómo evalúan el rendimiento académico de los alumnos en el país, el 47% de los mismos dice que es bueno o aceptable; pero cuando se les pregunta por el de sus hijos, el 81% señala que el rendimiento académico es bueno. Vale decir, de cualquier manera en que se formule el interrogante, se advierte esta reacción

que explica mucho de lo que nos pasa, y que nos lleva a no dedicar grandes esfuerzos en cambiar la educación, porque, en realidad, creemos que individualmente nos hemos salvado de la crisis. En una época en la que no nos preocupamos exageradamente por lo que le sucede a los otros, no es llamativo que nuestros esfuerzos por mejorar la educación sean escasos.

Esta situación no es idéntica en todos los países. En los Estados Unidos, por ejemplo, el 75% de los padres está satisfecho con la escuela a la que van sus hijos pero en Taiwán, solo lo está el 50% y en Japón, el 33%. No es casual que los países que tienen mejor rendimiento académico en sus escuelas sean aquellos en los que los padres están más disconformes, porque son los

que se interesan más en el rendimiento del sistema.

Se han realizado en el país numerosas investigaciones acerca de la calidad educativa. Por ejemplo, en el censo del año 2000 que investiga los conocimientos de matemática y lengua de todos los estudiantes que concluyen el ciclo medio, indican que:

- El rendimiento promedio en matemática es de 6.13, en una escala que va de 1 a 10, en el que el 10 no es la excelencia sino que representa el nivel mínimo esperare para ese nivel educativo.

- En lengua, el rendimiento es de 5.91.

- El caudal de conocimientos de nuestros jóvenes en las áreas de ciencias sociales y de ciencias experimentales como la física, la biología y la química, es llamativamente escaso.

- Contrariamente a lo que se cree, la diferencia en el rendimiento de alumnos de escuelas de gestión estatal y de gestión privada, tanto en matemática como en lengua, es mínima. Esto quiere decir que hay muy buenas escuelas de gestión estatal y muy buenas de gestión privada y muy malas en ambos ámbitos.

Estos datos estadísticos evidencian la gravedad del problema que nos afecta. Se trata de una cuestión profunda y cuya causa se podría resumir en una frase: en la Argentina la educación interesa poco. Aunque en los discursos hacemos referencia obligada a que ingresamos en la sociedad del conocimiento y de la tecnología, basada en la ciencia, cada vez nos preocupamos menos porque nuestros chicos accedan a ese conocimiento, a esa ciencia.

En la evaluación de calidad educativa del año 2000 se han investigado una serie de condicionantes vinculados con el rendimiento académico. Resulta de interés señalar unos pocos datos:

- Los hijos de padres que sólo tienen nivel primario alcanzan un nivel de 5.68 en la escala de rendimiento comentada más arriba.

- Los hijos de padres que han completado la educación superior, alcanzan un promedio de 6.90.

A igual comprobación se arriba cuando se analiza a este grupo de jóvenes, separándolos de acuerdo a la vulnerabilidad social. Se considera vulnerables a los jóvenes que tienen un hermano de 7 a 17 años que no asiste a la escuela, que viven en una habitación en la que duermen más de tres

personas, que no tienen inodoro en la casa y cuyos padres han completado el ciclo primario como el nivel educativo más alto. La diferencia que se observa entre los chicos vulnerables (5.54) y los que no viven esa realidad (6.62) es muy escasa.

Entre las diez escuelas de la provincia de Buenos Aires cuyos alumnos tuvieron el mejor rendimiento en matemática hay cuatro escuelas públicas. Y, entre las diez de peor rendimiento hay cuatro privadas. Vale decir que esto confirma la idea de que la frontera no pasa por el tipo de gestión de la escuela.

En la zona norte del Gran Buenos Aires uno de los colegios más prestigiosos ocupa el lugar 55 en la clasificación de las escuelas en matemática y el 74 en lengua. Uno de la zona sur, también muy conocido, ocupa el puesto 342 en matemática y 289 en lengua. Los padres pagan en esa escuela mil dólares por mes para educar a sus hijos; lo que muestra que no hay ninguna relación - y así lo ha puesto de manifiesto claramente una reciente investigación del Ministerio de Economía de la Nación - entre la cuota que pagan los padres en la escuela y la calidad académica de la educación de sus hijos. Lo que marca, sí, y es muy preocupante, es que ni siquiera quienes pueden comprar educación compran calidad académica. Y allí se ve la defección de nuestra clase dirigente que ni siquiera les exige a sus propios hijos como objetivo central el logro académico.

Esta información permite obtener dos conclusiones. En primer lugar, demuestra lo poco que se interesan los padres que tienen nivel educativo superior por la calidad académica de la educación que reciben sus hijos. En segundo término, muestra cuán efectiva sigue siendo la escuela para elevar la calidad de las personas, inclusive cuando el nivel educativo de los padres es bajo. Es importante tener en cuenta esas conclusiones en momentos en los que se discute la situación educativa en el país.

Ante esta realidad muchos afirman que constituye ya un problema histórico de la Argentina. Sin embargo, hay estudios que demuestran lo contrario. Entre 1970 y 1995 se han realizado pruebas anuales a jóvenes de entre 17 y 22 años, utilizando el mismo cuestionario. Los resultados son alarmantes: mientras que en 1970 alcanzaba

el nivel aceptable el 71% de los jóvenes, en 1995 solo 17.8% llegaba a ese nivel. Es decir que, año tras año, decrece la competencia académica de nuestros jóvenes, mientras que, en nuestros discursos, insistimos en afirmar que ingresamos a la era del conocimiento y del saber.

Luego de esta referencia a la calidad de la educación de quienes completan la educación media, corresponde hacer un breve comentario acerca de la cantidad de gente educada con que cuenta el país. En este sentido, es evidente que la Argentina tiene una gran deuda educativa, en la que se esconde el verdadero riesgo país. De no cancelar esa deuda, dentro de treinta o cuarenta años, resultará muy difícil vivir en la Argentina.

Basta para confirmar la gravedad de la situación, mencionar que el 64% de las personas que tienen entre 25 y 34 años no completaron la educación media. Las cifras comparativas son del 28% en los países de la OCDE, 15% en Canadá, 13% en los EE.UU., 14% en Alemania, 13% en Suecia y 26% en Francia.

Si se toma en consideración la fuerza de trabajo argentina - personas de entre 25 y 64 años -, se advierte que completó la educación universitaria entre un 4-5%. Es decir, hay casi tantos universitarios como analfabetos. En los países de la OCDE los graduados universitarios constituyen alrededor del 15% de la fuerza de trabajo. En el caso de la educación universitaria, es interesante advertir que la completó el 26% de los estadounidenses, el 23% de holandeses, el 17% de los canadienses, el 19% de los coreanos, el 15% de los británicos y, como se ha dicho sólo el 5% de los argentinos. Estos datos reflejan la diferencia que tenemos en la calidad de la formación de nuestra gente con los países realmente desarrollados.

También dentro mismo del país se advierten grandes desniveles. Por ejemplo, el 98% de los hijos de profesionales terminan el nivel primario, mientras que sólo lo hace el 36% de los hijos de los obreros no calificados. Asimismo, el 60% de los hijos de los profesionales tienen la posibilidad de terminar el nivel superior pero solo lo termina el 0.2% de los hijos de los obreros no calificados. Esta grave situación de desigualdad educativa dentro mismo de la Argentina, constitu-

ye un tema que debería constituir una seria preocupación.

A partir de los datos presentados acerca de la calidad de nuestra educación y la cantidad de gente educada con la que contamos, resulta oportuno reflexionar brevemente acerca de los enfoques que se están aplicando a nuestra educación, subrayando algunos aspectos que están de moda en la discusión contemporánea y que, tal vez, convendría repensar.

En primer lugar, existe una tendencia marcada a señalar que la educación debería orientarse a lo que se considera "útil". Existe una sensación generalizada de que el saber escolar es un saber irrelevante. Cuando se pregunta: "¿Eso para qué sirve?", lo que en realidad se quiere preguntar es: "¿Con eso se podrá hacer dinero en forma inmediata? ¿Se trata de saberes comercializables?" Esta tendencia es sumamente peligrosa por una razón muy simple: la convicción de que la educación es una tarea centrada y dirigida a la formación completa de la persona. Lo que se adquiere mediante la educación es la sensación de los propios límites, aquello de lo que uno es capaz de hacer, de lo que el hombre ha sido capaz de crear a lo largo de su historia.

Por una elemental razón de humanización, no resulta posible privar a nuestros chicos de la rica herencia a la que tienen derecho. Esa herencia cultural que el hombre ha ido acumulando, es el capital de cada uno de nosotros y es la escuela la que cuenta con los medios técnicos de poner a cada uno en posesión de la misma. Es más, si se quiere recurrir a un argumento utilitario, es posible comentar que, en la actualidad, muchos presidentes de grandes compañías internacionales no son graduados de administración de empresas, sino de filosofía o de historia, porque son estos quienes tienen las herramientas intelectuales que les permiten comprender la complejidad de los cambios que se producen en el mundo a una velocidad tan acelerada.

Hoy, más que nunca, resulta imposible decir a alguien qué es lo que le será "útil", aún desde el punto de vista económico. Es el momento en que los jóvenes tienen más libertad de elección, porque ni siquiera con las carreras tradicionales es posible garantizar a alguien que va a encontrar su forma de vida. La apuesta es lograr que la

formación sea lo más completa, compleja y sofisticada posible, porque es imposible predecir el contexto que deberá enfrentar en el futuro.

Esta premisa de la educación para lo útil, para el trabajo, debería ser rediscutida con mayor detenimiento que el que le dedicamos actualmente. Deberíamos erradicar la idea de que lo que se enseña en la escuela "no sirve", que no tiene relación con la vida. Se trata de un grave error, porque tanta relación con la vida tiene hoy saber o conocer quiénes fueron los grandes pensadores de la humanidad como estar familiarizado con los personajes de un *reality show* televisivo. La contemporaneidad no es el único requisito que garantiza la relevancia humana de la realidad.

La segunda cuestión a analizar es la tendencia a que todas las actividades humanas se incorporen al mundo del espectáculo. No escapa a ella la escuela. Es frecuente escuchar comentar a los padres y a los propios niños y jóvenes que "en la escuela se aburren". Se trata de una categoría claramente tomada del espectáculo, porque lleva detrás la convicción de que la escuela constituye un pasatiempo más. Un ámbito al que los chicos van a pasarla lo mejor posible, a divertirse. La escuela es sin duda un lugar de trabajo, en el que, lógicamente, se debe despertar a los chicos el interés por el conocimiento, guiados por el maestro en la obtención de ese conocimiento. Aprender es una tarea que demanda un esfuerzo personal, en la que es preciso involucrase con la totalidad de la persona.

El esfuerzo es una actitud que se eclipsa de la cultura contemporánea, proceso al que la escuela no escapa. Creo que deberíamos repensar esta concepción contemporánea de la escuela *light*, a la que los chicos deben ir a pasarla bien, una especie de guardería ilustrada -cada día más guardería y menos ilustrada- a la que le exigimos que les dé cada vez menos conocimientos concretos, porque éstos, además, están desprestigiados. Resulta evidente que cada vez nos interesa menos que los chicos tengan conocimientos concretos, argumentando que éstos están en las computadoras y se encuentran en cualquier base de datos. Antes realizábamos el esfuerzo en aprender aunque los conocimientos estaban en los libros. Hoy buscamos desarrollar la creatividad de los chi-

cos, actitud que es muy positiva, pero que no resulta posible ejercer desde la nada.

"Aprender a aprender", como está de moda proponer hoy, se aprende aprendiendo cosas concretas. Y eso es lo que estamos olvidando ya que cada vez interesa menos lo concreto. Esto conforma, en última instancia, la cosmovisión que se pone en juego en cada decisión que se toma en la vida, independientemente de que la información esté o no almacenada en las bases de datos de alguna computadora. Y es que hasta para manejar las bases de datos hay que saber qué es lo que se busca, poseer un marco de referencia que es el que da la escuela, el que proporcionan la reflexión, el pensamiento, la discusión, el debate, la crítica, que se debieran ejercer en la escuela.

Otra concepción que se prestigia aceleradamente es la que sostiene que la crisis de la educación argentina se debe a que ésta está desactualizada. En ella se basan todos los esfuerzos destinados a incorporar rápidamente la tecnología a la escuela.

Parecemos no advertir que la tecnología no nos hace inteligentes, que un teclado no "inteligeniza". Contrariamente a lo que piensan los abuelos que ven jugar a sus nietos con las computadoras, ellos no son genios en potencia sino sólo chicos que juegan con las herramientas de su época. Sigue requiriendo más talento escribir un poema que jugar al *Tetrix* con la computadora.

Steven Jobs, el fundador de la compañía Apple, declaró hace poco: "he sido una de las personas que más ha contribuido para difundir la informática en las escuelas estadounidenses pero estoy arrepentido de haberlo hecho. No porque me parezca mal que cada aula tenga una computadora, sino que he contribuido a crear la idea de que el problema educativo se resolvería con la tecnología. Estoy convencido ahora que no hay cantidad de tecnología que pueda resolver ese problema". No tenemos que perder de vista estas ideas en momentos en que se plantea que cuando todas las escuelas estén conectadas la crisis educativa se habrá resuelto. Esto no es así; el problema continuará. Aunque nos maravillamos cuando nuestros chicos mandan mensajes a través del correo electrónico a sus "amiguitos" del África Central, nos preocupamos poco por-

que no hablan con quien tienen al lado, contacto humano que se está perdiendo aceleradamente.

Finalmente, no deberíamos cifrar las esperanzas en las herramientas. Las esperanzas de la educación están puestas, como siempre lo estuvieron, en la relevancia social que logre tener, en la importancia que cada uno le asigne en su propia casa, en el valor que cada padre le demuestre a su hijo que pone en la tarea que realiza en la escuela. Y eso es lo que está en crisis en este momento, como hemos visto, en todos los niveles de la sociedad. Hemos dejado de confiar en la tarea de la escuela.

Esta institución sigue centrada en el ejemplo, en la relación humana, en la calidad del docente que corporiza el conocimiento y que es capaz de despertar en los otros el entusiasmo por ese conocimiento. Los chicos del futuro seguirán recordando a sus maestros y no a sus máquinas. Por eso tendríamos que hacer un gran esfuerzo por revalorizar la actividad docente que, en nuestro país, se encuentra profundamente devaluada.

En la Argentina, un maestro gana lo que gana porque a nadie le interesa lo que hace. Si un cadete en la Argentina gana más que un maestro es porque a la sociedad le interesa más lo que hace el cadete que lo que hace el maestro, prioridad que es claramente percibida por los chicos.

Un reciente estudio muestra que casi dos de cada tres maestros en el noroeste argentino se encuentran bajo la línea de pobreza. La docencia se está convirtiendo en una alternativa al servicio doméstico, como lo demuestran todos los estudios de composición social del magisterio, lo que resulta grave por el empobrecimiento del capital cultural que aportan al aula.

Una encuesta realizada entre maestros por el Ministerio de Educación, señala datos interesantes como el hecho de que casi el 24% considera admisible colarse en el transporte público y el 39% piensa aceptable no declarar el total de sus ingresos ante las agencias encargadas de recaudar impuestos. Otro dato interesante que surge del estudio es que la docencia argentina privilegia la creatividad y la conciencia crítica por sobre la transmisión de conocimientos actualizados y relevantes. Vale decir, que lo que predomina es una suerte de desarrollo de procedimiento en el vacío. Posiblemente

tendremos chicos muy creativos pero que, sin duda, serán profundos ignorantes, porque carecen de las herramientas esenciales para ubicarse en el tiempo, en el espacio, para entender las características de la complejidad del mundo en el que viven.

La mitad de los chicos que completan el nivel medio no comprenden lo que leen. Si se observan grandes cantidades de gente joven, se comprueba que quedan muy pocos con la capacidad de pronunciar frases completas, con comienzo, desarrollo y final. En general, los estamos dejando - porque es responsabilidad nuestra - desprovistos de las herramientas esenciales de lo humano. Quien carece de posibilidad de expresión, posee un pensamiento muy primitivo, carece de las herramientas necesarias para entender el mundo, para poder expresar lo que le pasa.

Por eso la escuela, que hoy pretende enseñar desde el medio ambiente hasta la trayectoria de los planetas pasando por la educación vial, tendría tal vez que concentrarse en unos pocos objetivos, lo que siempre hizo y que está dejando de hacer: enseñar a leer, a comprender lo que se lee, a poder expresarse y transmitir rudimentos de la abstracción matemática. Si eso lo hiciera bien, la tarea de la escuela estaría cumplida porque quien posee esas herramientas es capaz de acceder a un amplio campo de posibilidades.

No es casual que la primera prioridad del gobierno de los Estados Unidos en materia de educación sea que los chicos vuelvan a leer. La autopista informática está también entre las prioridades, pero ocupa el octavo o noveno lugar. No se necesita tecnología para leer, sino la voluntad y el interés para desarrollar en el otro la capacidad de reflexión, que eso es lo que desarrolla la lectura. Por eso la escuela está centrada en la palabra, porque la lectura, el dominio de la palabra, está vinculado a la capacidad de reflexión, a la capacidad de abstracción, que es la que se está perdiendo en la actualidad.

Para reconstruir la escuela es preciso primero reconstruir nuestro interés en la educación. Volver a pensar que la escuela es importante, que no es sólo el lugar donde dejamos a nuestros chicos sino que van allí para realizar un trabajo complicado, difícil. Un trabajo que va en contra de la cultura de lo

rápido, de lo fácil, de lo instantáneo. La escuela, al contrario, es lo lento, lo reflexivo. Es otra dimensión de lo humano que los jóvenes tienen derecho a conocer. Les estamos negando ese derecho, que es un derecho humano por excelencia. En ese sentido, la tarea humanizadora de la escuela sigue siendo central.

En síntesis, el problema educativo es muy grave y nos afecta a todos. Cada uno de nuestros hijos tiene derecho a ser exigido y a que le mostremos todas sus posibilidades. Y es preciso hacer un esfuerzo por volver a esas herramientas básicas que se están perdiendo. Los hijos del rey de España se sientan en la primera fila de las reuniones de las academias españolas, no porque les interese la biología molecular, el problema de la meteorología o los pormenores de la lengua; se sientan porque dan el testimonio de que al estado español eso le preocupa. Muchas veces, como dirigentes sociales no somos conscientes del papel de ejemplo que tenemos que asumir. Es preciso hacer un esfuerzo para educar lo mejor posible a la mayor cantidad de gente posible porque no hay salvación individual. Cada uno de nosotros depende de la calidad de quien tiene al lado. Al hablar ante la dirigencia de su época Sarmiento decía: "Si no los queréis educar por piedad, al menos hacédlo por miedo" Si no hacemos un esfuerzo para educar lo mejor posible a la mayor cantidad de gente posible, dentro de veinte o treinta años va a resultar muy difícil vivir en nuestro país. Si no hacemos un esfuerzo para lograr que nuestros chicos tengan las mentes lo más sofisticadas y complejas posible, quedarán a merced de una sociedad, que seguramente los va a formar bien como empleados de hamburgueserías o como repositorios de supermercados, pero difícilmente les preocupe generar una generación pensante, crítica y creativa que permita resolver los enormes problemas que nos plantea - y que sin duda nos va a seguir planteando - nuestro complejo mundo actual.

CARTA DE LECTORES

J.M. Olavarría y Porrúa

Fundación Instituto Leloir

Ex Instituto de Investigaciones

Bioquímicas Fundación Campomar

EL DESAFÍO DE UNA NOTA MANUSCRITA

Los matemáticos conocen bastante bien los desafíos que suelen generar las notas marginales manuscritas en los libros. Esta vez fue mi turno.

Tratando de reconstruir mi conocimiento del saber bioquímico, a la fecha de la creación del Instituto de Investigaciones Bioquímicas Fundación Campomar (IIBFC), fines de 1947, recurrí a un texto de Química Biológica de esa época. Una 4 edición, de fines de 1946, del clásico Deulofeu y Marenzi de la que me nutrí dos años después.

Como era de esperar el capítulo dedicado a metabolismo intermedio, resultó uno de los más magros en información impresa, cuanto uno de los más ricos en notas manuscritas llenas de recuerdos personales. Una de ellas me llenó de interrogantes. En el mapa del camino metabólico que lleva de glucógeno a ácidos pirúvico y láctico, bajo el par de flechas que representan la interconversión de glucosas fosfato catalizada por la fosfoglucomutasa figura manuscrito GLUCOSA DI FOSFATO. ¿De dónde saqué ese dato? El libro no fue prestado ni tampoco releído posteriormente y ¡la letra era mía!

Yo no soy un psíquico que pudiera estar en condiciones de recibir información telepática de lo que ocurría casi

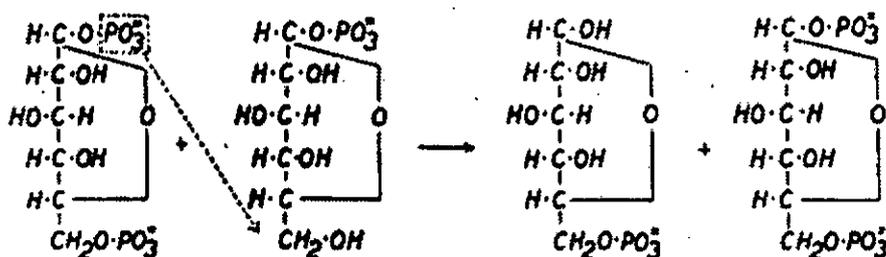
simultáneamente en otro lugar de esta ciudad. Exactamente en Julián Alvarez casi esquina Costa Rica, en los recientemente inaugurados laboratorios del Instituto de Investigaciones Bioquímicas "Fundación Campomar" (IIBFC). En una época en que un trabajo científico demoraba con suerte más de un año en ser impreso y llegar a nuestro país. Además los estudiantes universitarios no éramos motivados a leer publicaciones periódicas (revistas científicas), que ni se si estaban en nuestras bibliotecas. ¿Cómo me pude enterar casi simultáneamente? ¿Cómo recibí la información en una época, en que no contábamos con Internet u otros medios modernos de acceso rápido?

La información contenida en los suplementos dominicales de los grandes diarios de la época "Prensa" y "Nación", era más cultural o histórica que científica, y nunca y en ningún caso de tan reciente data. Otras publicaciones periódicas que nutrían mi vocación por la tecnología y las manualidades, como "Hobby", tampoco contenían información científica actual. Ciencia e Investigación ¡fue la respuesta! Revista que compraba desde 1945, cuando nos fue recomendada por profesores del secundario. —Colegio Nacional de Almirante Brown, magnífi-

co por su cuerpo de profesores y su jerarquía docente. —La conjunción de formación e información fue siempre fundamental en la evolución del hombre como sociedad.

Revisando los primeros trabajos del IIBFC encontré uno publicado en Ciencia e Investigación en octubre de 1948 que explica totalmente el misterio. "Un nuevo éster fosfórico de la glucosa y su función como coenzima. R.E. Trucco, C.E. Cardini, A. Paladini, R. Caputto y L.F. Leloir. Págs. 433-435". Pero como es habitual la solución de un enigma termina evidenciando otros. Tratando de hacer un inventario de publicaciones del IIBFC aparecidos en Ciencia e Investigación encontré que durante los primeros cuatro años (47-51) se publicaron 5 trabajos, en los siguientes cuatro años solo 3 trabajos y posteriormente solo 1. Supongo que el Dr. M. Barón (Ciencia e Investigación Tomo 46 N° 2) concluirá que los donjuanes científicos argentinos fueron prefiriendo cada vez más, a las extranjeras y rubias. ¡Gracias Ciencia e Investigación por todo lo que nos diste y lo que nos seguís dando!

¡Gracias a todos aquellos que ponen su esfuerzo en continuar la obra de tus ilustres creadores!



ANUNCIOS Y NOTICIAS DE INTERÉS

PREMIOS DE LA ASOCIACIÓN ARGENTINA PARA EL PROGRESO DE LAS CIENCIAS (AAPC)

A lo largo de su existencia la AAPC ha estimulado a los investigadores jóvenes otorgándoles premios por sus trabajos científicos. Entre los últimos figuran el Premio Cincuentenario (otorgado en el año 1997) y el Premio Dr. Eduardo Braun Menéndez correspondiente a los años 2000 y 2003 los cuales han estado destinados al mejor trabajo inédito de divulgación científica o tecnológica sobre un tema de actualidad, expuesto de manera clara y didáctica y en términos comprensibles para el público en general. El Premio Dr. Eduardo Braun Menéndez consiste en la entrega de un Diploma, la suma de \$ 500, la publicación del trabajo en la revista Ciencia e Investigación, pudiendo la AAPC disponer además de una selección de ediciones de la revista Ciencia e Investigación, para ser donada a una escuela de «Nivel Secundario» propuesta por los participantes premiados.

El Premio del Concurso Dr. Eduardo Braun Menéndez 2003 fue otorgado al Sr. Jorge Norberto Cornejo por su trabajo «Los Planetas Extrasolares: otras Tierras de nuestra galaxia». Además recibieron menciones especiales: el Sr. Dino Otero por su trabajo «Jugando a los dados» y las Sras. Marta Susana Loiacomo y Cecilia Beatriz Margaria por su trabajo «Insectos comestibles ¿un recurso alimentario del futuro?».

Los Premios mencionados serán entregados en acto público en la sede de la AAPC durante el próximo mes de Agosto.

JOHN E. FOGARTY INTERNATIONAL CENTER FOR ADVANCED STUDIES IN THE HEALTH SCIENCES

Ha publicado una interesante página web (www.nih.gov/fic/regional/americas.html) en la que se enumeran las oportunidades de investigación y entrenamiento existentes para científicos de América Latina y del Caribe dedicados a las ciencias de la salud. Las oportunidades referidas se encuentran dentro del marco de los programas de cooperación internacional del National Institute of Health de los Estados Unidos de América, de otras instituciones del Gobierno Americano y de organizaciones de nuestra región.

INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

CIENCIA E INVESTIGACIÓN

Ciencia e Investigación, órgano de difusión de la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias, es una revista de divulgación científica y tecnológica destinada a educadores, estudiantes universitarios y público en general. La temática abarcada por sus artículos es amplia y va desde temas básicos hasta biográficos, actividades desarrolladas por científicos y tecnólogos argentinos, reuniones nacionales e internacionales, historia de las ciencias y comentarios bibliográficos.

PRESENTACIÓN DEL MANUSCRITO

El manuscrito deberá presentarse por triplicado, escrito en castellano, en hojas tamaño A4, de un solo lado a doble espacio, con márgenes de por lo menos 2,5 cm a cada lado, letra Times New Roman, tamaño 10.

Las páginas deben numerarse en forma corrida, incluyendo el texto, bibliografía y las leyendas de las figuras. Colocar las ilustraciones al final en páginas sin numerar.

La versión corregida del manuscrito (luego de arbitrado) debe ser enviada por los autores en forma impresa y dis-

quete, con extensión.txt, .doc o rtf, en procesador de texto de uso corriente y acompañado por los originales de las figuras.

La primera página deberá contener en el orden siguiente: Título del trabajo, nombre de los autores, dirección postal completa, correo electrónico, número de Fax, teléfono y lugar de trabajo. La segunda página incluirá un resumen del trabajo con un máximo de 250 palabras. El texto del trabajo comenzará en la tercera página y finalizará con la bibliografía.

El material gráfico se presentará como figuras (incluye dibujos y fotografías) y tablas, numerados correlativamente y citados en el texto. Colocar el número, título y autores en el margen de cada figura. Se recomienda que las figuras tomen todo el ancho de la caja (18 cm) o el de una columna de texto (5,5 cm). Se deberá respetar siempre el formato de la caja (18 x 24 cm) o sus proporciones. Preferiblemente el material gráfico deberá incluirse en el diskette. Las fotografías podrán ser remitidas en blanco y negro o color. Las ilustraciones en color solo se publicarán si contribuyen a la mejor comprensión del texto. Las figuras preparadas con computadora deberán ser calidad láser o similar, a

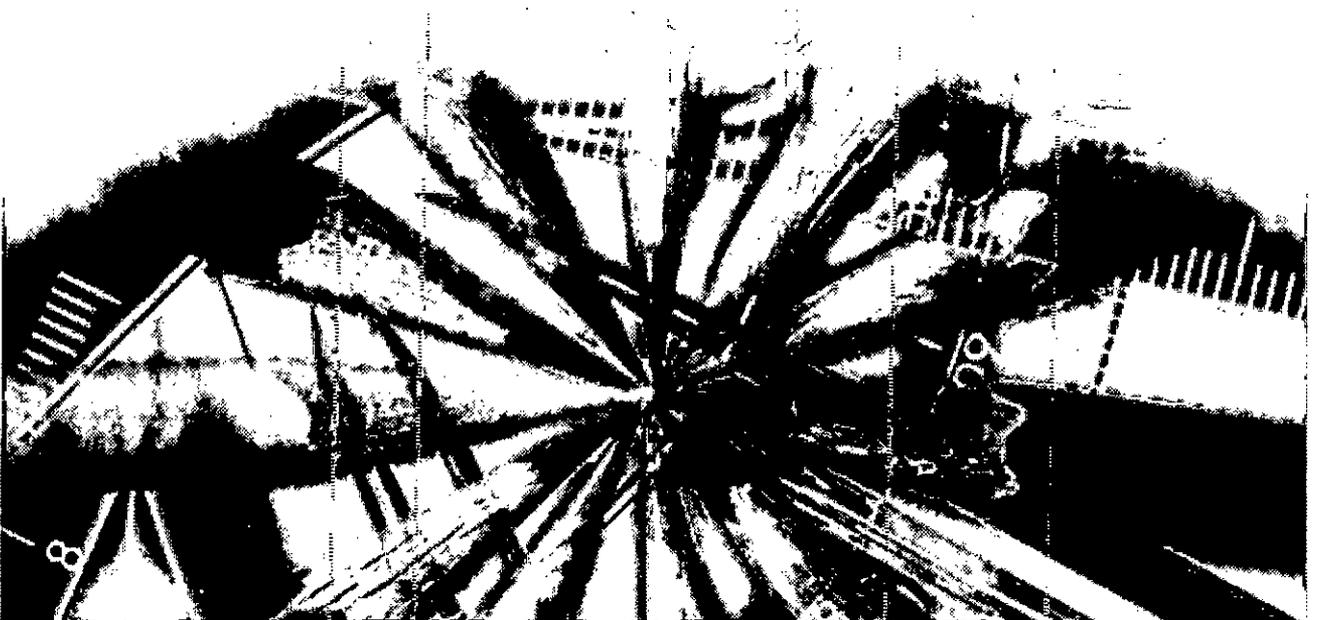
300dpi y 65 lpi como mínimo, en el tamaño de publicación.

La lista de trabajos citados en el texto, deberá ordenársela alfabéticamente de acuerdo con el apellido de los autores, seguido por las iniciales de los nombres, año de la publicación, título completo de la misma, título completo de la revista o libro donde fuera publicado.

La extensión de los artículos que traten temas básicos no excederá las 10.000 palabras, incluyendo la lista de trabajos citados en el texto. Otros artículos relacionados con actividades científicas, biografías, historia de las ciencias, etc., no deberán exceder las 6.000 palabras. Los derechos de autor que devenguen de la publicación de Ciencia e Investigación serán propiedad de la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias. Por cada artículo publicado se entregará al autor, cinco separatas sin cargo.

Se debe enviar el manuscrito a:

Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias
Ciencia e Investigación
Comité Editorial
Av. Alvear 1711, 4° piso, (1014)
Buenos Aires



PERSONALIDADES RELEVANTES DE LA CIENCIA ARGENTINA

Susana Elena Trione

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales,
Universidad de Buenos Aires e Instituto
Argentino de Matemática. Consejo Nacio-
nal de Investigaciones Científicas y Técnicas
Saavedra 15, 3er. Piso (1083). Buenos Ai-
res. Argentina.

E-mail: postmaster@iamba.edu.ar



ALBERTO PEDRO CALDERÓN
1920-1998

El 14 de septiembre cumpliría años unos de los más grandes matemáticos de la Argentina y del mundo entero. Se trata de Alberto Pedro Calderón.

Hablar de él es hablar de un hito en la historia de la Matemática y de la Ciencia Universal. Es por eso, que la muerte de Calderón ha matado un poco a todos los científicos del mundo.

Alberto Pedro Calderón nació en Mendoza, Argentina, el 14 de septiembre de 1920. Fue su padre el doctor Pedro Calderón, distinguido cirujano, discípulo predilecto del Profesor Finocchietto. Calderón hizo sus estudios primarios y comenzó los secundarios en Mendoza y los continuó en Suiza. Vuelto al país, ingresó en la Facultad

de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires, graduándose de ingeniero civil en 1947.

Al poco tiempo partió para los Estados Unidos con beca de la Fundación Rockefeller y se graduó de Doctor en Matemática en 1950, en la Universidad de Chicago. Ha sido miembro del "Institute of Advanced Study" de Princeton, entre 1955 y 1959 fue profesor del "Massachusetts Institute of Technology" y profesor de la Universidad de Chicago donde desarrolló una larga labor. Fue profesor honorario de Buenos Aires, institución de la cual fue también Doctor "Honoris Causa" desde 1969. A su regreso a Argentina, entre 1971 y 1972 dirigió en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de

la Universidad de Buenos Aires tesis doctorales, además de cursos de su especialidad.

Fue miembro de numerosas sociedades doctas; entre ellas, de la Academia Nacional de Ciencias de Washington y de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Buenos Aires que lo incorporó como miembro correspondiente en los Estados Unidos; en 1985 ingresaría como miembro de número.

Al nombrar la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales no puedo dejar de mencionar al querido y, diariamente, recordado matemático argentino Alberto González Domínguez, miembro de la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias des-

de sus inicios, que fue maestro de Calderón, quien siempre lo reconoció como tal, y que para Alberto González Domínguez fuera su máximo orgullo como hacedor de matemáticos.

Trabajó con el célebre matemático Antoni Zygmund, en lo que luego se llamó la "Escuela de Análisis de Calderón-Zygmund". La American Academic of Arts and Sciences lo incorporó en 1957 y en 1958 su trabajo intitolado: "Unicidad en el problema de Cauchy de las ecuaciones diferenciales en derivadas parciales" marcó un cambio trascendente en la Matemática. Recibió el Premio Consagración Nacional de Ciencias correspondiente al año 1985.

En 1989, la American Mathematical Society lo honró con el Premio Steele. Ese mismo año el Technion, Instituto Tecnológico israelí de prestigio mundial, lo nombró Doctor Scientiarum Honoris Causa. Es bueno recordar que, entre otros, recibieron el doctorado honorario del Technion, Alberto Einstein, Niels Bohr, Theodore von Karman, David ben Gurion y Chaim Herzog. También en 1989 recibió en Jerusalem el importantísimo Premio Wolf por su trayectoria en Matemática.

En 1991, el presidente de los Estados Unidos de Norteamérica George Bush le entregó la Medalla Nacional de Ciencias. El premio más importante dado a un científico de ese país.

Autor de más de 70 trabajos científicos y profesor visitante de universidades de todo el mundo, Calderón integró la primera delegación norteamericana de intercambio de matemática con la ex Unión Soviética.

Dijo el diario La Nación en su necrológica del domingo 19 de abril de 1998 (A.P.C. falleció el 16 de abril de 1998), con muy justa razón: "Su aporte a la Matemática de este siglo es un orgullo para la Argentina".

Recibió el "Bôcher Memorial

Prize" de la American Mathematical Society en 1979. El premio Bôcher (Bôcher Memorial Prize) fue instituido por la "American Mathematical Society" para honrar la memoria del distinguido matemático norteamericano Maxim Bôcher, que brilló en los albores de este siglo. El premio es discernido cada cinco años "por un trabajo de investigación en el campo del análisis". El premio Bôcher le fue otorgado "por sus aportes fundamentales a la teoría de las integrales singulares y de las ecuaciones en derivadas parciales" y en particular por su trabajo intitolado "Integrales de Cauchy sobre curvas Lipschitzianas y operadores conexos", aparecido en los Proceedings of the National Academic of Sciences of Washington.

Figuran en la lista de los premiados del Premio Bôcher matemáticos de la talla de George D. Birkhoff (el primero de ellos, en 1923), Solomon Lefschetz, Marston Morse y Johan von Neumann.

Para aquilatar la trascendencia de la obra matemática de Calderón, nada mejor que transcribir las palabras del conocido matemático Peter Lax, que pronunció la alocución inaugural de la ceremonia del premio Bôcher. Dijo Lax, "En 1958, Calderón mostró cómo las integrales singulares pueden utilizarse para probar la unicidad de la solución del problema de Cauchy para una amplia clase de sistemas de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales. Poco después utilizó el mismo método para construir una teoría completa de los sistemas totalmente hiperbólicos. La potencia, simplicidad y naturalidad de su método fueron inmediatamente reconocidas, y revolucionó el entero campo de las ecuaciones en derivadas parciales, como no lo había hecho ninguna otra innovación introducida en ese campo salvo, quizás, la teoría de las distribuciones cuya pro-

fundidad, sin embargo, no es comparable con la de los métodos de Calderón".

El Conicet anunció, con íntima satisfacción, que el preciado galardón (en 1978) fue para el doctor Alberto P. Calderón, al que unen con esa institución estrechos lazos de antigua data.

Recordemos que Calderón fue miembro superior de la Carrera del Investigador Científico y Tecnológico, Director del Instituto Argentino de Matemática, y Director de las Publicaciones del mismo Instituto.

Obtuvo también el Premio Provincia de Santa Fe, Argentina, en 1969. El Premio Konex de la Argentina le fue concedido en dos oportunidades.

Los operadores integrales singulares, que ahora han cambiado de nombre y se llaman operadores pseudo-diferenciales, están en la base de muchos desarrollos ulteriores; entre otros, el teorema del índice de Atiyah-Singer, la solución del problema de la difracción por Melrose y por Taylor, y el concepto de análisis microlocal. Para núcleos de la clase C la teoría no presenta grandes dificultades; pero los operadores con núcleos menos regulares, que aparecen en las aplicaciones, son de mucho más arduo manejo. También en este caso las contribuciones esenciales, como las contenidas en su memoria premiada, se deben a Calderón.

El matemático Atiyah ha descubierto inesperadas aplicaciones de su teoría a la teoría de los campos de calibre; que también Sato y sus colaboradores han descubierto aplicaciones de sus micro funciones a la teoría cuántica de campos y que el físico teórico Ti Tsun Wu ha aplicado con éxito los operadores integrales singulares a la solución de problemas relacionados con la teoría de Yang-Mills.

Entre sus discípulos brillan destacados investigadores, como el matemático argentino Carlos

Segovia Fernández y R. Seeley que en su tesis extendió a variedades la teoría de los operadores integrales singulares de su maestro y con ello puso en manos de Atiyah y Singer la herramienta que les permitió demostrar su célebre teorema.

De los discípulos que de Calderón recibieron el espaldarazo doctoral, la mitad de ellos son argentinos. Cifra elocuente, que basta para mostrar la gravitación de Calderón en la matemática argentina. Don Julio Rey Pastor -venerado maestro- fue el fundador, el motor infatigable hasta el último día. Calderón ha continuado la obra del pionero, abundándola. Don Julio dirigió

institutos, escribió docenas de libros excelentes, fundó revistas, despertó vocaciones fecundas. A Calderón le ha tocado formar matemáticos de calibre.

No hay duda ninguna de que, después de Rey Pastor, Calderón es quién más ha hecho por el florecimiento de la matemática de nuestra patria.

Actualmente, resultados trascendentes de la física cuántica, la ingeniería de recepción de imágenes y las telecomunicaciones son consecuencias de los resultados teóricos de Calderón y Zygmund.

Decimos nosotros: su señorío, su inteligencia, su hombría de bien y su peculiar talento para

resolver problemas no científicos como, por ejemplo, arreglos de lavadoras, enceradoras, teléfonos, relojes y afinación de pianos, hicieron de Calderón, para decirlo en términos matemáticos, un *punto singular*.

Para consolarnos de su ausencia, diré, junto con James Joyce: "Los muertos no mueren, sólo cambian de hábitat".

BIBLIOGRAFÍA

Jorge Rouillon. La Nación, Abril 19, 1998.

S.E. Trione. Ciencia e Investigación. Tomo 51, n° 1 y 2, Septiembre-Octubre 1998.

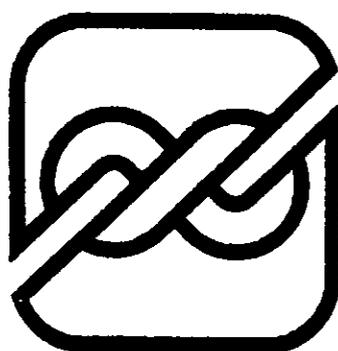


FUNDACIÓN INSTITUTO LELOIR

El Dr. Luis Federico Leloir, quien fuera Premio Nobel de Química en 1970, estuvo al frente del Instituto de Investigaciones Bioquímicas Fundación Campomar durante 40 años. Desde hace 19 años el Instituto funciona en un moderno edificio frente al Parque Centenario de la Ciudad de Buenos Aires. El año pasado cambió su nombre por el de Fundación Instituto Leloir.

Esta fundación es una organización sin fines de lucro asociada a la Universidad de Bs. As. y al CONICET. Su misión es contribuir a la creación del conocimiento y a la difusión de la Bioquímica y la Biología Molecular a través de la docencia y la investigación.





CONICET

El Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas CONICET fue creado por Decreto Ley N° 1291 del 5 de febrero de 1958, respondiendo a la percepción socialmente generalizada de la necesidad de estructurar un organismo académico que promoviera la investigación científica y tecnológica en el país.

Su primer Presidente fue el Dr. Bernardo A. Houssay (Premio Nobel 1947), quien, junto a su impronta fundacional, le infundió una visión estratégica expresada en claros conceptos organizativos que mantuvo a lo largo de más de una década de conducción.

PROGRAMA DE APOYO AL DESARROLLO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICO, DUPONT - CONICET - Edición 2003

EL CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS y la empresa DUPONT S.A. han concluido el proceso de selección de los proyectos presentados para el concurso 2003.

En el marco de la convocatoria, se han presentado 59 proyectos desde diferentes organismos e instituciones científico-tecnológicas del país.

Como resultado del proceso de evaluación a cargo del Comité Académico, integrado por los Dres. Eduardo Palma, Marcelo Tavella y el Ing. Martín Urbicain; y del Comité Interinstitucional integrado por el Dr. Eduardo Charreau y el Lic. Mario Lattuada, por el CONICET; e Ing. Claudio Belilos y el Ing. Rafael Abal por DUPONT; se adjudicó el premio al proyecto:

"Diseño de un alimento funcional de soja fermentado con bacterias lácticas probióticas", dirigido por la Dra. **Graciela María Font de Valdéz**.

ASOCIACION ARGENTINA PARA EL PROGRESO DE LAS CIENCIAS

COLEGIADO DIRECTIVO

Presidente

Dr. Alberto Baldi

Vicepresidente

Dr. Marcelo Dankert

Secretario

Dr. Renato Radicella

Tesorero

Dr. Horacio H. Camacho

Protesorero

Dr. Carlos Rinaldi

Miembros Titulares

Ing. Juan Carlos Almágro

Dr. Máximo Barón

Dra. Nidia Bassó

Dr. Eduardo H. Charreau

Dr. Eduardo Palma

Dra. Isabel Luthy

Dr. Saudi U. Rifé

Dra. Susana E. Trione

Dr. Marcelo Vernengo

Dr. Juan R. de Xammar Oro

Sociedades Científicas que participan del Colegiado

Sociedad Argentina de Biología

Sociedad Argentina de Farmacología Experimental

Sociedad Argentina de Investigaciones Bioquímicas y Biología Celular

Sociedad Argentina de Investigaciones Clínicas

Unión Matemática Argentina

Miembros Fundadores

Dr. Bernardo A Houssay

(1887 - 1971)

Dr. Eduardo Braun Menéndez

(1903 - 1959)

Avenida Alvear 1711-4° Piso
(1014) Buenos Aires - Argentina

Próximo número

Ciencia e Investigación **CI**

**Asociación Argentina para el
Progreso de las Ciencias**

1ª Revista Argentina de Información Científica
Fundada en enero de 1945

CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA, SU INFLUENCIA EN LA GLOBALIZACIÓN

Juan Carlos Nicolau

IMPLICANCIAS TERAPÉUTICAS DEL CONTROL DE LA ANGIOGÉNESIS

Vinculación con los procesos neoplásicos

Alberto Baldi, Alejandro G. Mladovan,
Sara Zurita y Adrián Góngora

BIOFÍSICA DEL AGUA

Juan R. de Xammar Oro

TOMO 53 N° 2 - 2003 - \$9



NA·SA NUCLEOELECTRICA ARGENTINA S.A

ENERGIA LIMPIA

Con el 5% de potencia instalada, las dos centrales nucleares aportan el 11% del total de la generación eléctrica del Sistema Argentino de Interconexión (S.A.D.I.)

Central Nuclear Embalse Río Tercero, Córdoba

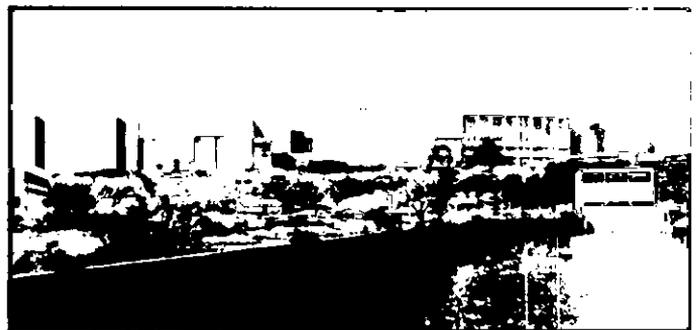


ALTO RENDIMIENTO

La Central Nuclear Atucha I fue la Instalación térmica de mayor rendimiento en el año 1997 de la Argentina, con un factor de carga de 92.74%.

La Central Nuclear Embalse ha sido la central de mayor rendimiento en el mundo entre las de tipo Candú en el año 1994, con un factor de carga del 97,7%

Centrales Nucleares Atucha I y II Lima, Provincia de Buenos Aires



ATUCHA II

Al presente nuestro principal proyecto
En el futuro 700 MWe de potencia a
disposición de nuestra comunidad

Vasija de la Central Nuclear Atucha II Lima, Provincia de Buenos Aires



NA·SA NUCLEOELECTRICA ARGENTINA S.A