

Universidad de Costa Rica  
Escuela de Estudios Generales  
Sección de Historia de la Cultura

**Balances del siglo XX:  
historia, microbiología, medicina y física**

Iván Molina Jiménez  
Víctor Hugo Acuña Ortega  
José María Gutiérrez  
Juan Jaramillo Antillón  
Jorge Páez  
Mairene Jiménez

**11**

Serie Cuadernos de Historia de la Cultura



**XX**

**Balances del siglo XX:  
historia, microbiología, medicina y física**





Universidad de Costa Rica  
Escuela de Estudios Generales  
Sección de Historia de la Cultura

Consejo Editorial de Cuadernos de Historia de la Cultura

M.Sc. David Díaz Arias  
Dra. Carmen Fallas Santana  
M.Sc. Luis Enrique Gamboa Umaña  
Dr. Roberto Marín Guzmán

**Universidad de Costa Rica  
Escuela de Estudios Generales  
Sección de Historia de la Cultura**

**Balances del siglo XX:  
historia, microbiología, medicina y física**

EDITORIAL

**Iván Molina Jiménez  
Víctor Hugo Acuña Ortega  
José María Gutiérrez  
Juan Jaramillo Antillón  
Jorge Páez  
Mairene Jiménez**

Ejemplar sin  
valor comercial

II

**Serie Cuadernos de Historia de la Cultura  
Editorial de la Universidad de Costa Rica**





EDITORIAL  
UCR

303.483

B171b Balances del siglo XX: historia, microbiología, medicina y física / Iván Molina Jiménez ...[et al.]. – 1. ed. – San José, C.R. : Editorial de la Universidad de Costa Rica, 2004.  
76 p. : il., retrs. – (Cuadernos de historia de la cultura ; 11)

Contenido: El siglo que fue / Iván Molina Jiménez–Costa Rica en el siglo XX / Víctor Hugo Acuña Ortega–La microbiología médica en el último siglo : relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad / José María Gutiérrez–Evolución de la medicina en el siglo XX / Juan Jaramillo Antillón–Algunos caminos de la física del siglo XX / Jorge E. Páez, Mairene Jiménez.  
ISBN: 9977-67-904-5

1. DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO. 2. CIENCIA – ASPECTOS SOCIALES. 3. CIENCIA Y TECNOLOGÍA. 4. COSTA RICA – SIGLO XX. I. Molina Jiménez, Iván, 1961- II. Título.

CIP/1328  
CC/SIBDI. UCR

Edición aprobada por la Comisión Editorial de la Universidad de Costa Rica  
Primera edición: 2004.

Diseño de portada: *Elisa Giacomín V.*

© Editorial de la Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria “Rodrigo Facio”.  
Apdo. 75-2060. Fax: 207-5257, e-mail: editucr@cariari.ucr.ac.cr San José, Costa Rica.

Prohibida la reproducción total o parcial. Todos los derechos reservados. Hecho el depósito de ley.

## ÍNDICE

Presentación .....	ix
<b>I. El siglo que fue</b>	
<i>Iván Molina Jiménez</i> .....	1
<b>II. Costa Rica en el siglo XX</b>	
<i>Víctor Hugo Acuña Ortega</i> .....	11
<b>III. La Microbiología Médica en el último siglo: relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad</b>	
<i>José María Gutiérrez</i> .....	21
<b>IV Evolución de la medicina en el siglo XX</b>	
<i>Juan Jaramillo Antillón</i> .....	37
<b>V. Algunos caminos de la Física del siglo XX</b>	
<i>Jorge E. Páez, Mairene Jiménez</i> .....	51



## PRESENTACIÓN

El 24 de abril del 2002, -día en el cual se conmemora una fecha gloriosa en la historia de la Universidad de Costa Rica- la Sección de Historia de la Cultura, acordó elaborar una serie editorial en coordinación con el Sistema Editorial y Difusión Científica de la Investigación (SIEDIN). Dicha serie recibió el nombre de **Cuadernos de Historia de la Cultura** y se concibió como un proyecto que se nutriría con el aporte de las investigaciones realizadas por los profesores de la Sección de Historia de la Cultura para fortalecer el quehacer docente.

La primera edición de esta serie consta de seis textos que refieren a temáticas básicas del programa de Historia de la Cultura: nacionalismo, islamismo, tratados de libre comercio, migraciones forzosas de africanos, política latinoamericana. Todos los temas son acompañados de una amplia bibliografía que puede conducir a los estudiantes y profesores a profundizar en los aspectos tratados.

La Sección de Historia de la Cultura de la Escuela de Estudios Generales propone -siguiendo a Arnold Toynbee- que *“nuestro principal objetivo debe ser conocernos mejor, y éste es el primer paso para ganar la confianza y el afecto de los unos para con los otros. Por otra parte, no podemos pretender conocer a un ser humano sólo por lo que vemos de él en un momento determinado; lo importante es saber cómo ha llegado a ser lo que es. Y lo que sucede con los individuos, ocurre también con las naciones, civilizaciones y religiones, y para comprenderlas en su*

*más íntimo significado, debemos compenetrarnos de su pasado histórico al igual que de su presente.*” Este afán de conocernos y de conocer a los otros, a los que consideramos diferentes, alimenta los escritos de esta serie. Por ello, se invita a los lectores a un encuentro (o reencuentro) con los otros y con ello se busca hacer realidad un ideal humanístico: adquirir una visión universal que supere los aislacionismos aldeanos.

Uno de los principales objetivos de la historia es el cuestionamiento de los mitos. Por ello, se busca reconstruir el pasado, sobre todo aquel que interroga y que sacude prejuicios. Se busca que las experiencias del pasado, como insiste Witold Kula, adviertan *“lo que no hay que hacer y no lo que debe hacerse. Casi siempre permiten prever las dificultades, en lugar de ofrecer los medios preventivos. ¿Esto es poco? siempre es mejor que nada. Y sin la historia, la sociedad humana nada sabría de sí misma.”* Entonces, pasado y presente se acercan y reducen las distancias entre los seres humanos y entre las regiones geográficas. ¿Puede decirse que se está lejos de África, del Medio Oriente o del Lejano Oriente? Podría ser. Pero también está al lado, y, en muchas ocasiones en la misma sangre; en el inobjetable mestizaje genético según los recientes estudios de historiadores, antropólogos y biólogos.

Finalmente, un agradecimiento a los otros integrantes del Consejo Editorial de la serie: Dra. Carmen María Fallas Santana, Dr. Roberto Marín Guzmán y M. Sc. David Díaz Arias. La tarea de lectura y crítica de documentos fue ardua y se procuró que las críticas sirviesen para mejorar los textos. Además, se quiere expresar un agradecimiento a la Dra. Annie Hayling Fonseca, Directora de la Escuela de Estudios Generales por su apoyo al proyecto. Del mismo modo, se reconoce la contribución de todos los personeros del SIEDIN por su profesionalismo y compromiso en la tarea de iniciar este proyecto. No se puede dejar de reconocer el entusiasmo de los profesores de la Sección de Historia de Cultura quienes asumieron el reto de sistematizar sus investigaciones y someterlas al proceso de aprobación del Consejo Editorial.

El presente número de la Colección Cuadernos de Historia de la Cultura constituye un proyecto particular asumido por la Comisión Editorial. Se busca que profesionales destacados hagan un balance de lo que significó el siglo XX en sus respectivas disciplinas. Se trata de ver los aportes y las tareas pendientes, los éxitos

y los fracasos. Cada balance quedará también expresado en una especie de reto para el presente siglo.

En esta ocasión se entrega a la comunidad universitaria una visión histórica del siglo XX con perspectiva universal realizada por el historiador Iván Molina Jiménez en el artículo titulado *El siglo que fue*. Otro historiador, Víctor Hugo Acuña Ortega, analiza lo que Costa Rica hizo en el transcurso de esa centuria en el artículo *Costa Rica en el siglo XX*. El microbiólogo José María Gutiérrez estudia los logros y limitaciones en los estudios sobre los microorganismos y su papel en la salud en el artículo *La Microbiología Médica en el último siglo: relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad*. Por su parte, el médico Juan Jaramillo Antillón estudia los avances y las paradojas de la medicina moderna en el texto denominado *Evolución de la medicina en el siglo XX*. Finalmente, el físico Jorge Páez y la historiadora Mairene Jiménez, bajo el título *Algunos caminos de la Física del siglo XX* nos invitan a recorrer todos los campos de la investigación científica, en este caso de la Física. La corrección de estilo de este número estuvo a cargo del Bach. Oscar Aguilar.

En este Cuaderno se presentan los primeros balances y en un corto plazo se contará con otros aportes desde el amplio espectro de las especialidades universitarias.

Ejemplar sin  
valor comercial

*Máster Luis Enrique Gamboa Umaña*  
Coordinador de la Comisión Editorial  
y de la Sección de Historia de la Cultura (2001-2002)  
Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, 9 de julio del 2004



## EL SIGLO QUE FUE\*

Iván Molina Jiménez\*\*

Fue, ante todo, el siglo de la guerra. La carnicería de las trincheras que distinguió a la Primera Guerra Mundial (1914-1918) fue sucedida por los horrores de los campos de exterminio durante la Segunda (1939-1945), por las masacres posteriores en Asia y África, y por las víctimas de la Guerra Fría (1945-1989). La sombra en forma de hongo que perpetuamente se levanta sobre Hiroshima y Nagasaki desde 1945 fue el heraldo de un holocausto total que todavía no ocurre, pero que patentiza que el liderazgo, entre las bajas, le corresponde a los civiles más que a los militares. La tragedia de los no combatientes fue la que precisamente proporcionó a este siglo su logo indisputable: una pintura de Pablo Picasso, aunque según se dice que dijo el artista, tal obra no fue concebida y ejecutada por él, sino por la aviación nazi.

Fue, sin duda, el siglo de las revoluciones. La mexicana, ini-

---

\* Conferencia dictada en el Centro Cultural Español en septiembre de 1999.

\*\* Profesor de la Escuela de Historia e investigador del Centro en Identidad y Cultura Latinoamericanas (CIICLA) de la Universidad de Costa Rica; sus últimos libros publicados son: *La ciudad de los monos*. Roberto Brenes Mesén, *los católicos heredianos* y *el conflicto cultural de 1907 en Costa Rica* (Heredia, Editorial Universidad Nacional y Editorial de la Universidad de Costa Rica, 2001); y *Costarricense, por dicha. Identidad nacional y cambio cultural en Costa Rica durante los siglos XIX y XX* (San José, Editorial de la Universidad de Costa Rica, 2002).

ciada en 1910, que transformó violentamente la estructura social y agraria legada por el porfiriato. La bolchevique de 1917, que forzó la industrialización rusa en detrimento del campesinado y sentó la base para el mundo bipolar posterior a la Segunda Guerra Mundial. La china de 1949, cuya contención por el occidente capitalista fue pagada con creces por los países vecinos, en particular Corea, Vietnam y Camboya. La cubana de 1959, que sobrevive a 40 años de asedio imperial y que, en su momento, contribuyó a hispanizar Miami y a esparcir por toda Latinoamérica la esperanza revolucionaria. La sandinista de 1979, que democratizó a Nicaragua y, en su curso y a su costa, propició el cambio social y político en El Salvador y Guatemala.

Fue, por añadidura, el siglo de los guerrilleros. Los “rebeldes primitivos” de épocas anteriores, que todavía se les podía encontrar entre las filas de los partisanos antifascistas de la década de 1940, dieron paso a una nueva figura histórica, que encontró su mejor expresión en el universo latinoamericano. El prototipo fue un teósofo nicaragüense, César Augusto Sandino, que luchó contra la ocupación de su país por tropas estadounidenses; sin embargo, la expresión más acabada le cupo a un médico argentino, Ernesto Guevara. El rostro repetido del “Che” en miles de camisetas y otros souvenirs, aparte de evidenciar el potencial comercial de este nuevo símbolo, perpetúa una amenaza futura de impugnación del orden establecido. El subcomandante Marcos, localizable vía Internet o con solo marcar el 3615Zapata, pertenece a ese porvenir.

Fue, indiscutiblemente, el siglo de los estudiantes. Los de Córdoba, en 1918, que veían en la universidad un instrumento para la acción social. Los de París, en mayo de 1968, que corrigieron la admonición bíblica de “amaos los unos a los otros” por “amaos los unos encima de las otras” (consejo que, como se aprende en la práctica, puede ser escrito y observado perfectamente al revés). Los que cayeron en el anochecer de Tlatelolco en el último año indicado, y en Tiananmen en 1989. Los que invadieron Washington para exigir “peace and love”. Los que apedrearon la Asamblea Legislativa de Costa Rica en 1970 al canto de “Alcoa no” (algunos de los cuales, varios lustros después, empezaron

a gritar “Alcoa sí”). Los que en todo el planeta y junto con sus familias más de una vez se preguntaron, como en la canción catalana de Lluís Serrahima, “*¿que volem aquesta gent que truquen de matinada?*”

Fue, especialmente a partir de la experiencia fascista, el siglo de los desaparecidos, una práctica en la que, después de 1950, se especializaron las dictaduras del Tercer Mundo y, en particular, las latinoamericanas. La desesperación de Jack Lemmon en “Missing”, las angustias de Norma Aleandro en “La Historia Oficial”, y la esperanza y la incertidumbre de esas mujeres que bailan solas en la canción de Sting, están sintetizadas en la manifestación cotidiana de las madres de la Plaza de Mayo y de otras a lo largo del planeta que, aunque han liberado los espacios en que desfilan, todavía no pueden, según los versos de Pablo Milanés, detenerse “a llorar por los ausentes”.

Fue el siglo del terrorismo y, sobre todo, del terrorismo de Estado. La matanza de 1932 en El Salvador, justificada con la excusa de la lucha contra el comunismo, y las masacres del Kmer Rojo en Camboya en el decenio de 1970, se ubican, junto con las cámaras de gas nazis, en el extremo de un espectro que incluye, a su vez, las purgas y los gulags de Stalin, la “gran revolución cultural” de Mao, la política racial de la Suráfrica del apartheid, los escuadrones de la muerte latinoamericanos y, en su versión más legal y constitucional, la caza de brujas desatada en Estados Unidos por los inquisidores macartistas. La impunidad que protegió usualmente a los asesinos oficiales –en la práctica, mucho más sanguinarios que el personificado por Donald Sutherland en “1900” de Bertolucci– fue consagrada por la política de “perdón y olvido” de las “democracias” que florecieron bajo la sombra de los militares a partir de la década de 1980.

Fue, para trastorno de la cartografía establecida, el siglo de la descolonización, ya fuera cercana e interna, como en el caso de Irlanda e incluso el sur de Estados Unidos, o externa y ultramarina. La experiencia paulatina y pacífica de la India, bajo el liderazgo de Ghandi, contrastó con los casos traumáticos de Argelia (1954-1962) e Indochina (1945-1975). El primero contribuyó

enormemente a popularizar los shocks eléctricos como forma de tortura, y el segundo fue la base de las guerras de Corea y Vietnam. La independencia de las colonias británicas en el Medio Oriente, toda vez que los ingleses inventaron un Estado judío en Palestina, dejó como legado uno de los conflictos más complejos y violentos posteriores a la Segunda Guerra Mundial: el árabe-israelí.

Fue, desigual, esporádica y limitadamente, el siglo de la democracia. La descolonización de Asia y África fue fecunda en dictaduras de izquierda o derecha, en tanto que los regímenes democráticos, a menudo fuertemente censitarios, de Europa y América Latina, fueron barridos y sustituidos por tiranías militares en el contexto de la crisis de 1930. La Guerra Fría, que contribuyó a consolidar el totalitarismo en el mundo del “socialismo realmente existente”, dio un nuevo aliento a la España franquista y al Portugal de Oliveira Salazar, al tiempo que jugó en contra de la democratización en el universo latinoamericano. Estados Unidos (cuya bandera está cosida con “barras de cárcel” y “estrellas robadas”, de acuerdo con la gráfica expresión del poeta comunista chileno, Pablo Neruda) coadyuvó a que así fuera, al patrocinar el terrorismo estatal, las “guerras de baja intensidad” y el aborto de dos experiencias claves en Latinoamérica: la de Guatemala en 1954 y la de Chile en 1973.

\*

Fue, para sorpresa del fantasma invocado por Marx y Engels en 1848, el siglo del comunismo. Las revoluciones comunistas —especial aunque no únicamente en Rusia y China— transformaron, en unas pocas décadas, milenarias sociedades campesinas, tecnológicamente atrasadas, en potencias industriales y militares, al tiempo que aseguraron al conjunto de su población condiciones de vida, distantes aún de las del occidente capitalista sin duda, pero sin precedente en comparación con las que tuvieron en el pasado pre-revolucionario. El peligro rojo, a su vez, proporcionó un estímulo decisivo no solo para la carrera armamentista y espacial emprendida por el capitalismo, sino para que las democracias occidentales consolidaran y profundizaran las políticas sociales iniciadas, tímidamente, por los gobiernos liberales antes de 1914.

Fue, en un sentido decisivo, el siglo de la justicia social y de

su crisis. Las políticas públicas en los campos de la educación, la salud y el empleo, que adquirieron una nueva dimensión tras el New Deal de Roosevelt en la década de 1930, se convirtieron en la norma en las democracias occidentales tras la Segunda Guerra Mundial; pero enfrentaron un cuestionamiento y un deterioro crecientes a raíz de la globalización económica y del ascenso político, en la década de 1980, de una nueva derecha, partidaria del “ultra free market”, cuyos representantes más conspicuos fueron el *contra* Ronald Reagan y la amiga de Augusto Pinochet, Margaret Thatcher. Los países más pobres del planeta (varios recientemente descolonizados) y que no fueron transformados por una revolución, comúnmente no ofrecieron a sus poblaciones más que un mínimo de bienestar, el cual bastó, sin embargo, para que explotaran demográficamente.

Fue, por lo dicho, el siglo en que varones y mujeres crecieron y se multiplicaron. La población mundial, que alcanzó 2.000 millones de personas en 1930, se duplicó en los próximos 45 años, proceso que se concentró en el llamado Tercer Mundo, cuyo peso en el total planetario de almas subió de 65 a 73 por ciento entre 1900 y 1975. El control de la natalidad en las democracias occidentales (en particular, en Europa), el aumento excepcional de la productividad agropecuaria en el occidente industrial y el uso combinado del DDT y de los antibióticos en los países pobres (con sus efectos sobre el aumento en la esperanza de vida y la baja en la mortalidad infantil) son los principales factores que explican este incremento y redistribución de los seres humanos a escala global. La explosión demográfica (cuyo ritmo superó el de la producción de alimentos en ciertos territorios de Asia, África y América Latina que fracasaron en sumarse a la revolución verde) contribuyó a agravar el desempleo y la pobreza, y a propiciar el éxodo de los habitantes del campo.

Fue, evidentemente, el siglo de las ciudades. La población urbana suponía un 42 por ciento del total mundial en la década de 1980, y los mayores conglomerados se ubican en el Tercer Mundo: El Cairo, México, Sao Paulo y Shangai. El paisaje social y cultural configurado en estas y otras urbes yuxtapone –en pala-

bras de García Márquez— los “morideros de pobres” a barrios palaciegos y rascacielos de lujo, sistemas de transporte a punto de colapsar con una contaminación creciente; todo en el contexto de una vida cotidiana dominada por el miedo de ser víctima de la violencia criminal o policial. Las operaciones de “limpieza” infantil —los “niños silvestres” de Serrat— son el perfil más ominoso y deshumanizado de unos universos ciudadanos que, gracias a su expansión incontrolable alimentada por la venida de nuevos migrantes, tienden a aproximarse a los delineados por Ridley Scott en “Blade Runner”.

Fue, en continuación de su predecesor, el siglo de las migraciones. La del campo a la ciudad fue el principal proceso interno, el cual, aparte de desencadenar la urbanización sin precedente ya descrita, atrajo población de las áreas pobres a las económicamente más dinámicas. Tales desplazamientos fueron complementados por los que se dieron a nivel internacional, cuyo flujo cambió de dirección. El destino clásico (de Europa a América) se modificó a raíz, primero, de las guerras y revoluciones (especialmente los dos conflictos mundiales, con sus saldos consecuentes de refugiados); y después de 1950, debido al desfase en las oportunidades entre países atrasados y adelantados. Los inmigrantes de las ex-colonias asiáticas, africanas y americanas y de la franja mediterránea europea pronto empezaron a inundar la Europa occidental, al tiempo que Estados Unidos vivía un proceso similar con sus vecinos latinoamericanos. El alza en el racismo y la xenofobia que acompaña a tales movimientos es un fenómeno cultural extendido por todo el planeta y del que no escapa siquiera Costa Rica.

Fue, y para constatarlo basta con salir a la calle, el siglo de la contaminación y el desastre ecológico. Las viejas chimeneas del Londres dickensiano fueron el augurio de una revolución industrial mundial que desforesta el planeta, contamina sus mares y ríos, envenena su aire y destruye la capa de ozono; en palabras de Stephen Jay Gould, en su relación con el ambiente, la humanidad parece librar una guerra civil contra sí misma. El dilema finisecular es cómo mantener el crecimiento económico necesario para sustentar una población mundial que podría estabilizarse en

unos 10.000 millones de personas en el 2030, y cuyas expectativas sociales y políticas son ampliar y diversificar sus niveles de consumo, sin provocar una catástrofe irreversible en el medio. La cuestión es tanto más compleja cuanto la dinámica de mercado intensifica una competencia capitalista transnacional que tiende a escapar a los controles de la sociedad y el Estado.

\*

Fue, como en la casa de los espejos, el siglo de las identidades. Las políticas, ya fueran nacionales, imperialistas, revolucionarias, autonomistas o separatistas, sin olvidar, dentro o junto a las anteriores, las propiamente partidistas y de clase. Las étnicas, que fueron una de las bases de los movimientos por los derechos civiles de la población negra en Estados Unidos y Suráfrica, y de las reivindicaciones indígenas en Guatemala y otros países de América Latina. Las religiosas, a veces racialmente informadas y claves en conflictos como el irlandés, el hindú-pakistaní y el árabe-israelí. Las sexuales, que abrieron un espacio público para homosexuales y lesbianas. Las generacionales, certificadas científicamente por la psicología, explotadas de manera sistemática por la publicidad en pro del consumo diferenciado y fundamento de una cultura juvenil transnacional que encontró su mejor símbolo en los jeans. Y las de género, expresión de los movimientos feministas y del impacto que el feminismo ha tenido en las ciencias sociales, sin excluir la historia.

Fue, para honor del viejo adagio de Marx de que el desarrollo de una sociedad se mide por la posición social de la mujer, el siglo de las mujeres. Los derechos políticos, el trabajo asalariado fuera del hogar, la educación y el control de su capacidad reproductiva mediante los métodos anticonceptivos, convirtieron a las “esclavas de ayer” (según las define una estrofa del himno del Colegio Superior de Señoritas de Costa Rica) en personas y ciudadanas libres con sus propios proyectos sociales y de vida. La magnitud de este cambio fundamental, a veces oculto por las formas de violencia, subordinación y discriminación que ciertamente enfrentan todavía, no tiene precedente en la historia humana y es un factor esencial para explicar la revolución cultural posterior a 1950, des-

de las transformaciones experimentadas por las relaciones de pareja, la sexualidad y la familia hasta el ascenso del individualismo y el retroceso ideológico de las iglesias, en cuenta la católica.

Fue, gracias a los derechos civiles y de consumo ganados por los hombres y las mujeres comunes, el siglo de la cultura de masas, esencialmente audiovisual y, a largo plazo, cada vez más influida por un modelo estadounidense, difusor de los estilos de vida *made in USA*. La prensa diaria, pero sobre todo la radio, el cine y la televisión se apropiaron de diversos contenidos culturales de origen popular y los convirtieron en la base de una nueva industria, decisivamente condicionada por la publicidad y el mercado, y clave para llenar el tiempo de ocio. La “alta cultura”, en contraste, se eclipsó (el caso clásico fue la música clásica); buscó refugio financiero en las universidades (tabla de salvación de los escritores de ficción no comerciales y de los poetas) o procuró adaptarse al nuevo orden, como fue la experiencia de los compositores incidentales, de los guionistas cinematográficos o de los cantautores.

Fue, en revancha de una tradición cultural iniciada en el Renacimiento, el siglo del arte y la literatura no europeos. La recuperación de las obras artísticas de las civilizaciones antiguas de África, Asia y América, gracias a los trabajos arqueológicos, fue el inicio de una revaloración decisiva de la producción creativa contemporánea de esos continentes, apoyada a menudo por el desarrollo de las cinematografías nacionales. La narrativa americana —en inglés y español— trastocó, a su vez, el mapa literario mundial, al que aportó desde las predicaciones y predicamentos de Elmer Gantry o la ética de Philip Marlowe hasta la invención de Morel o la soledad de Pedro Páramo, sin olvidar las hojas de hierba de Whitman o el azul dariano.

Fue el siglo de la ciencia ficción y el siglo en que la ciencia ficción dejó de serlo, ya que muchas de las más extrañas invenciones y de las peores pesadillas que describieron sus cultivadores, y otras que ni siquiera imaginaron, encontraron vías para su realización. La ciencia y la tecnología transformaron la vida y el quehacer cotidiano de la población mundial en una escala sin

comparación con el pasado, un proceso en cuyo curso los nuevos aprendices de brujo abrieron la caja de Pandora de una vez y para siempre. La física nuclear, entre varias posibilidades, dotó a la humanidad del conocimiento y el instrumental para aniquilarse a sí misma masivamente, en tanto que la revolución en la genética le ha abierto la puerta para experimentar con la biotecnología. La teoría del caos, aplicada a la dinámica científico-tecnológica, valida constante y –en ocasiones– ominosamente su propio principio de incertidumbre.

\*

Fue, como lo señala el historiador Eric Hobsbawm, un “siglo corto”, que empezó tarde, en el marco de la utopía revolucionaria convocada por el triunfo bolchevique de 1917, y que terminó temprano, en 1991, con el derrumbe del mundo soviético (prologado por la caída del muro de Berlín en 1989), y en medio del desencanto y la desesperanza. Fue un siglo con el que concluyó un milenio (por lo menos según la cronología occidental) y, también, modos de vida y visiones de mundo de orígenes milenarios. Fue el siglo en el que comunidades y familias, que habían sido el eje de la sociedad en el pasado, empezaron a ser sustituidas por ciudades anónimas, cada vez más atomizadas. Fue, gracias a vanguardias intelectuales, científicas, artísticas y políticas identificadas con la crítica de lo establecido y con la reforma social, el siglo de la modernidad, y en su ocaso, el de la postmodernidad, que es la modernidad sin vanguardias.

Fue, en fin, el siglo que engendró a la globalización: esta nueva etapa del capitalismo, que empezó a configurarse después de 1960, pese a sus atractivos tecnológicos y de otro tipo, está dominada por una dinámica adversa a la ecología y a la justicia social. La cultura global, que se levanta sobre las cenizas de las viejas utopías y de los antiguos vínculos solidarios de carácter familiar y comunal, tiende a convertir a los ciudadanos imaginados por los liberales de otrora en simples consumidores, sin más responsabilidad colectiva que la satisfacción de sus expectativas y necesidades individuales (como lo expresó Margaret Thatcher, “no existe la sociedad, solo los individuos”). El último y más

terrible legado del siglo XX fue este nuevo “Prometeo desencadenado”, y en ninguna póliza de seguro consta que, en un contexto de destrucción ecológica creciente y de pobreza agudizada, ese accidente que es la civilización humana vaya, obligatoriamente, a sobrevivir a su furia.

## BIBLIOGRAFÍA MÍNIMA

- Benz, Wolfgang y Graml, Herman, *El siglo XX. III. Problemas mundiales entre los dos bloques de poder*, 4a. edición. México, Siglo XXI Editores, 1984.
- Bethell, Leslie, ed., *Latin America. Politics and Society Since 1930*. Cambridge, Cambridge University Press, 1998.
- Hobsbawm, Eric, *Age of Extremes. The Short Twentieth Century 1914-1991*. London, Abacus, 1995.
- Hobsbawm, Eric, con Polito, Antonio, *On the Edge of the New Century*. New York, The New Press, 2000.
- Sánchez-Albornoz, Nicolás, *La población de América Latina. Desde los tiempos precolombinos al año 2000*, 2da. edición. Madrid, Alianza Editorial, 1977.
- Williams, Raymond, *Hacia el año 2000*. Barcelona, Editorial Crítica, 1984.
- Wills, Gary, “A Reader’s Guide to the Century”. *New York Review of Books*. XLVI: 12 (July 15, 1999), pp. 24-28.

## COSTA RICA EN EL SIGLO XX\*

*Víctor Hugo Acuña Ortega\*\**

He dudado, por un momento, en titular estas breves reflexiones “el siglo XX en Costa Rica”, en lugar de “Costa Rica en el siglo XX”. Descarté la idea ya que se me ha pedido analizar no lo que el siglo hizo con el país, sino lo que el país hizo en el siglo, es decir, una recapitulación de su experiencia específica en el transcurso de esa centuria. Como se trata de un balance, la perspectiva a adoptar tendría que ser una según la cual se vería lo positivo y lo negativo, los éxitos y los fracasos, o quizás lo esperado y lo logrado por parte de Costa Rica en esos cien años.

El problema de una evaluación de esta naturaleza es que es posible solo en la medida en que establezcamos algunos parámetros, determinados puntos de referencia o ciertos elementos de comparación. El cotejo podría ser temporal, por ejemplo, entre el XIX y el XX; podría ser espacial o geográfico, es decir, entre Costa Rica y los otros países de América Latina, o entre Costa Rica

---

\* Texto de una intervención en una tertulia del "Farolito" (Centro Cultural Español), celebrada en octubre de 1999 y revisada y actualizada con miras a esta publicación

\*\* Catedrático de la Escuela de Historia de la Universidad de Costa Rica. Profesor de esa Escuela y del Posgrado Centroamericano en Historia e Investigador del Centro de Investigaciones Históricas de América Central.

y el resto del mundo; podría ser, en fin, “psicosocial”, si se me permite la fórmula, en términos de las expectativas, esto es, entre los proyectos propuestos por las distintas fuerzas sociopolíticas y sus resultados. A todo esto cabe agregar que, siendo inevitable hacer la evaluación desde el momento presente, se corre el riesgo de mirar todo el siglo con los ojos sesgados de la coyuntura actual. Además, debe considerarse cuáles dimensiones de la economía, de la sociedad, del poder, etc., se van a tomar en cuenta en el diagnóstico. Para facilitarme la tarea voy a englobar todos esos aspectos en la noción, discutible para muchos, de *modernización o modernidad*.

Antes de proceder al balance, quizás valga la pena considerar un instante la cuestión, dejada de lado al inicio, sobre el “siglo XX en Costa Rica”, para sostener sumariamente la tesis de que este país pasó un poco de largo de las grandes catástrofes de la centuria. El siglo recién finalizado ha sido llamado por un conocido historiador “la edad de los extremos”, la época por excelencia de los exterminios de masas y la época en que el exterminismo nuclear, para emplear la expresión de otro gran historiador, fue la política y la ideología de una paz precaria entre las grandes potencias, después de la Segunda Guerra Mundial. Costa Rica fue de los pocos lugares del globo en donde los peores horrores de esta centuria apenas si fueron experimentados en forma directa; los habitantes de este país pueden felicitarse por no haber conocido masacres, deportaciones, o grandes catástrofes sociales y políticas. Pocos han sido los costarricenses obligados a partir a otros lugares por razones de persecución o de falta de horizontes económicos. Hasta la propia naturaleza, con sus sobresaltos periódicos, ha sido benigna con esta tierra. Esta experiencia, un poco a distancia de los pavores y las grandezas del siglo, ha permitido la creación de visiones idealizadas en torno a Costa Rica como isla de paz en un mundo convulsionado.

No significa esto que los cambios económicos, tecnológicos y culturales y las corrientes sociales y políticas no hayan llegado al país, sino más bien que Costa Rica quedó con frecuencia al margen o con cierta brecha de los grandes conflictos del siglo. En el

único momento en que estuvo casi en el propio centro, el país fue premiado con un Premio Nóbel de la Paz, simbólico tributo a su trayectoria excéntrica. El encanto de Costa Rica ha sido también su tara: un sitio gentil y ameno, pero pequeño y estrecho -demasiado dirían algunos- y periférico en el mundo y en el tiempo. La situación del país se expresa plenamente en la circunstancia de que, en cuanto a las producciones de la alta cultura ha cumplido un papel de poca relevancia a escala latinoamericana y a nivel internacional: en este pequeño rincón del Nuevo Mundo no abundan los grandes creadores y son raros los talentos que han logrado traspasar nuestras fronteras; también muy pocos han osado imponerse como meta ser algo más que ser una mera gloria local. Aquellos que lo lograron son conocidos solamente como "nacidos aquí", como es el caso de Chavela Vargas y Paco Zúñiga, pero no son considerados expresiones universales de la cultura nacional.

En el siglo XX, la sociedad costarricense se hizo mucho más compleja y diversa; bastaría comparar la estructura de oficios y ocupaciones de fines del siglo XIX con la actual para comprobar cuán grande ha sido el cambio. La complejidad manifestada en los procesos de división social del trabajo refleja la modernización económica del país a lo largo del siglo. Si el balance solo se hiciese en tales términos, caeríamos fácilmente en el lugar común de decir que a fines del XIX andábamos en carretas y hoy, *Internet* y celulares nos inundan. Ciertamente, estos signos tampoco son despreciables. De todos modos, la originalidad de Costa Rica radica en que esa modernidad penetró con relativa profundidad en el mundo rural, fenómeno poco usual entre los países del Tercer Mundo. Probablemente, el mayor éxito económico de Costa Rica frente a los otros países latinoamericanos ha sido, precisamente, el mejoramiento significativo de los niveles de vida en las zonas rurales.

Nuestra modernización ha tenido sus costos, y se ha hecho a expensas de la naturaleza, el reverso de la medalla del llamado "progreso", y de los seres humanos, ya que todo crecimiento económico genera nuevas formas de desigualdad social; aunque los costos sociales del crecimiento han sido menores en relación con

los otros países centroamericanos, tanto antes como después de 1950, e incluso en comparación con los casos clásicos de revolución industrial. Nuestro ingreso a la modernidad en este siglo ha sido más incluyente que excluyente. Debemos reconocer que en el siglo XX el país se integró y se homogenizó notablemente en términos sociales y espaciales. Los mejores resultados atribuibles a este siglo se sitúan en su segunda mitad; y en tal sentido, habría que decir que uno de los logros costarricenses fue construir un Estado con cierta capacidad para satisfacer las necesidades básicas de la población.

No obstante, Costa Rica, como cualquiera de los otros países latinoamericanos, es todavía un país atrasado o, como se decía antes, subdesarrollado, o, según el nuevo eufemismo, emergente. A pesar de sus reputadas virtudes sociales y políticas, no se puede olvidar que desde el siglo XIX Costa Rica se ha mantenido en la periferia de la economía mundial. Recuerdo a don Oscar Arias, vaticinando hace unas dos décadas que este sería en el año 2000 el primer país desarrollado de América Latina; desgraciadamente, tan elevada aspiración no llegó a convertirse en realidad en el plazo indicado. En consecuencia, en esta dimensión, el siglo XX es solidario con el que le precedió, y ambos dan testimonio de los límites de nuestro ingreso a la modernidad. Costa Rica no sería excepción puesto que, en el siglo que se acabó pocos países de la periferia lograron alcanzar el desarrollo, el cual casi siempre ha sido sinónimo de una industrialización exitosa.

Ahora bien, si comparamos la experiencia histórica de Costa Rica en este siglo en relación con la [de] América Latina se debe admitir que el balance es más bien positivo. Frente a ese espejo, el país aparece como un caso bastante exitoso de ingreso a la modernidad. Si se piensa en el plano de la política, el país sería descrito en términos de continuidad, estabilidad, orden, institucionalidad y desarrollo democrático. Si se piensa en el plano de lo social, el país sería presentado como un lugar donde la desigualdades no han sido tan escandalosas, y en donde la movilidad social ha sido un valor legítimo y una aspiración realizable.

En efecto, es posible que la originalidad de Costa Rica radique en que siendo un país situado en la periferia de la economía

mundial haya logrado crear en el siglo XX un sistema político bastante abierto, basado en una estructura social relativamente permeable. El XX ha sido en Costa Rica el siglo de la democratización y de la masificación en todos los aspectos de la vida social y cultural. Como es bien conocido, la centuria recién terminada fue época de las emancipaciones revolucionarias frustradas, salvo una quizás: la emancipación de la mujer y, al respecto, pienso que este sería el cambio social y cultural más significativo vivido por Costa Rica. Sin desconocer los elementos de continuidad en las desigualdades de género, las mujeres de fines del siglo XX pueden sentirse satisfechas si se comparan con sus abuelas de 1900.

Posiblemente, la diferencia entre el final del siglo XIX y el fin de este se encuentre en las expectativas. Si consultáramos el volumen denominado *Costa Rica en el siglo XIX*, álbum oficial conmemorativo publicado en 1902, encontraríamos que el clima que domina ese texto es de un optimismo desbordante tanto, por ejemplo, en las contribuciones de dos extranjeros ilustres como el Obispo Bernardo Augusto Thiel y el guatemalteco Máximo Soto Hall, como en los escritos del costarricense Manuel de Jesús Jiménez. La oposición entre un siglo XIX de luces y progreso y una edad oscura colonial es bastante obvia. Bien distinto sería el tono de un eventual álbum sobre el siglo XX. En efecto, en la Costa Rica de tránsito de siglo predomina el pesimismo, y uno de sus signos más palpables sería lo que unos llamarían "desencanto político" y otros "ingobernabilidad".

En la Costa Rica actual, las expectativas de movilidad social y la credibilidad política se encuentran bastante disminuidas e impera un sentimiento de bloqueo de las instituciones públicas, de decadencia de las élites, por aparente auge de la corrupción, y por lo que algunos llaman "crisis de valores" en el conjunto de la sociedad. Según lo muestran los sucesivos informes del *Estado de la Nación*, el país parece estarse fracturando en términos sociales y culturales: hay una educación para los que tienen y otra para los que tienen menos o muy poco; hay una salud para los que pueden pagarla y otra para los que dependen de la seguridad social; habría, en fin, una sociedad empezando a funcionar a dos velocidades, en

donde la exclusión social se estaría convirtiendo en un fenómeno estructural. Ya nadie teme la lucha de clases, pero todo el mundo vive obsesionado con la delincuencia, la inseguridad ciudadana, los embotellamientos y el caos urbano. De esta manera, si el siglo en su conjunto puede ser mirado con ojos satisfechos, el fin de siglo y el estreno de milenio se presenta bajo una óptica de inquietud.

Así, la pregunta sobre el siglo XX en el presente es si son sostenibles en el largo plazo sus desarrollos más interesantes: ¿podrá este país mantener la fluidez de su estructura social y la apertura de su sistema político? ¿Alcanzará al fin, como lo esperaba nuestro Premio Nóbel, el nivel de país desarrollado? Evidentemente, no hay respuesta para tales preguntas si nos queremos mantener en el ámbito de lo que puede hacer un historiador. No obstante, el cuestionamiento es oportuno en la medida en que nos remite a los alcances de lo que ha sido la modernidad en este país. Podría pensarse que si bien la experiencia de Costa Rica en el siglo XX ha mostrado que es posible construir un sistema político democrático en el marco del atraso económico, y que bajo esos niveles de productividad es posible intentar algunas formas exitosas de redistribución del ingreso, queda la interrogante de si tales logros subsistirán en el largo plazo o -si se prefiere- si son transferibles incólumes al siglo que comienza. En otras palabras, no parece ocioso preguntarse si vivimos una fase de crisis y transición o si estamos ingresando en un periodo de declive irreversible, de modo que lo acumulado en el siglo XX vaya a ser desacumulado en el siglo XXI.

El estado de pesimismo y malestar que impera desde ya bastante tiempo en el país pareciera indicar incertidumbre en torno a encontrar una vía hacia el desarrollo. El estado actual de nuestro sistema político es síntoma y causa de ese temor o de esa falta de claridad sobre cuáles vías permitirían darle sustento y nueva energía al sistema político actual y a la paz social que aún se mantiene. El pesimismo puede hacerse mayor porque la solución de la salida del atraso depende, solo en parte, de decisiones locales en el contexto actual de la llamada "globalización". El pesimismo puede tornarse descomunal si se reconoce que muchos de los cam-

bios dependen de una especie de revolución cultural y ética de las elites costarricenses.

Con un porcentaje nada despreciable de la fuerza laboral integrada por nicaragüenses, cuyos derechos laborales y constitucionales no siempre son respetados, y, por tanto, gracias a esa mano de obra barata, con unos niveles de ganancia, como diría alguien por ahí, "bastante bonitos", se reduciría la voluntad de amplios sectores empresariales para acometer una revolución, en donde la competitividad se vincule a la productividad y a la innovación y no a la baratura y docilidad del factor trabajo, y a la creación de nuevas formas de economías de enclave. Agréguese a ello el problema actual de la clase política aquejada por el mal de los vicios públicos, con pocas virtudes privadas por la plebeyización que padece, como efecto no deseado de la democratización del último medio siglo. En fin, el Estado costarricense cada día es más inoperante, y frente a él, los distintos sectores sociales muestran un comportamiento muy corporativo. Tampoco los pobres y las clases medias se muestran interesadas o dispuestas a adherirse a proyectos globales de cambio social, que siempre demandan esfuerzos y sacrificios. Tendríamos desde esta óptica un panorama poco halagüeño por la ausencia de actores y gestores con voluntad de emprender las tareas que el momento exige.

Sin embargo, el pesimismo debería ser moderado en el sentido que, aún en los mares inciertos del presente, Costa Rica parece no estar tan mal en relación con los otros países de América Latina y, obviamente, del istmo centroamericano. Los llamados "cambios estructurales", para emplear la jerga de la ideología económica dominante, han sido más bien graduales y sus efectos negativos más bien mitigados. Es como si operase una especie de fuerza inercial con la que la energía acumulada a lo largo de la centuria aún logre inflar velas en el marasmo del nuevo milenio. Quizás sea también que la sociedad civil en su conjunto posea ciertos recursos de iniciativa y adaptación que parecen desfallecientes desde hace bastante tiempo en el sistema político. En suma, aunque la percepción es pesimista, la realidad de la Costa Rica actual aún no se diferencia radicalmente de lo que marcó

y distinguió al país en los últimos cien años. No se puede afirmar que los deterioros sean irreversibles. El problema es que la inercia no es fuerza suficiente para sostener desarrollos en el largo plazo.

En el contexto actual de la globalización, ser pequeño no es un defecto, sino que puede resultar, incluso, ventajoso. Algunas personas sueñan con que Costa Rica llegue a ser una especie de Singapur o Hong Kong en el contexto de la nueva fase de la economía mundial. La dificultad de tal pretensión es que, más allá de su realismo, depende de lo que el país quiera hacer con su experiencia histórica. No hay garantía de que se pueda ser una plaza de esa magnitud manteniendo la trayectoria política previa y la situación social anterior. Tampoco es posible alcanzar esa meta con grupos empresariales y sectores medios acostumbrados a distintas formas de rentas de monopolio y que, antes que la frugalidad y el ahorro, prefieren el consumo y la ostentación.

La pretensión de la modernidad económica para el siglo XXI es inseparable de una modernización social y política. Política, en el sentido de mejorar los mecanismos de reclutamiento de la clase política y funcionamiento de las instituciones, y en el sentido de ampliar las capacidades decisorias de la ciudadanía en los ámbitos más inmediatos de su modo de vida. La modernización social significa llevar en toda su plenitud al mundo rural, sobre todo, y a las relaciones laborales, en general, los derechos de una legislación social renovada. La preservación de un sistema económico con mano de obra barata supone perpetuar nuestro atraso económico. En tal sentido, denegar los derechos sociales a los inmigrantes es una forma de negarnos la posibilidad de encontrar una vía para salir de la periferia de la economía mundial.

Podría pensarse que, antes de terminar, debería abordar la cuestión de la identidad, tan presente en nuestros días; pero en el contexto actual me parece de mayor relevancia el problema de la viabilidad. No me preocupa excesivamente cómo y quiénes serán los costarricenses del siglo que viene porque me parece que solo siendo viables económicamente, y política y socialmente integrados, es que podrán decidir con mayor libertad las maneras en que

querrán reconocerse entre sí y distinguirse de los otros. En el marco de la economía-mundo del siglo XX y ocupando un lugar en la periferia, Costa Rica mostró ser un país viable; ahora, en la nueva fase de la economía mundial tiene que volver a probar que puede serlo en el siglo que comienza. El pesimismo imperante por el momento nos dice que la respuesta a esa interrogante es bastante incierta. A Costa Rica en el siglo XX le fue relativamente bien, pero en este inicio del siglo XXI aún no ha encontrado la forma de hacer de los logros del XX la plataforma para el XXI.





# LA MICROBIOLOGÍA MÉDICA EN EL ÚLTIMO SIGLO: RELACIONES ENTRE LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y LA SOCIEDAD

*José María Gutiérrez \**

## LA 'TEORÍA DEL GERMEN' Y LA REVOLUCIÓN MICROBIOLÓGICA

La descripción de organismos microscópicos vivientes data de las primeras observaciones de Anthon van Leewenhoek, quien fue un destacado microscopista del siglo XVII. Sin embargo, la Microbiología como ciencia no se desarrolló sino hasta finales del siglo XIX, cuando ocurrió una auténtica revolución en el estudio de los microorganismos y se comprendió el impacto que los mismos tienen en la salud humana y veterinaria, así como en la industria alimentaria y en infinidad de procesos de la naturaleza. Esta revolución microbiológica estuvo liderada por Louis Pasteur, Robert Koch y Joseph Lister, entre otros. ¿Cómo se explica ese estallido en la comprensión de los microorganismos y su papel en la salud? Varios factores posibilitaron el salto histórico:

- (1) Se desarrollaron procedimientos y métodos de laboratorio que hicieron posible el estudio de los microorganismos, su aislamiento y su caracterización. Por un lado, ocurrieron adelantos signi-

---

\* Investigador del Instituto Clodomiro Picado, profesor de la Facultad de Microbiología, Universidad de Costa Rica.

ficativos en los microscopios; además, fue posible cultivar los microorganismos en medios primero líquidos y luego sólidos, posibilitándose así el aislamiento de cepas bacterianas puras. Se mejoraron notablemente las técnicas de esterilización y, además, se desarrollaron tinciones que facilitaron la observación microscópica de las bacterias; dichas tinciones estaban muy relacionadas con el desarrollo de la industria química, fundamentalmente la alemana.

- (2) Tuvieron lugar desarrollos conceptuales novedosos, revolucionarios. Quizá los más importantes se relacionan con el trabajo del célebre científico francés Louis Pasteur. Estudiando los procesos de producción de bebidas alcohólicas, Pasteur planteó que la fermentación característica no era un evento únicamente químico, como se creía, sino que era debida a la acción de microorganismos (en este caso, de ‘levaduras’). Se comprendió que muchos fenómenos involucrados en procesos industriales eran efectuados por microorganismos, develándose una nueva concepción del rol de estos seres vivos en la descomposición de la materia orgánica y en la producción de alimentos y licores. También se planteó la posibilidad de que los microbios causaran daño a los tejidos humanos y animales, produciendo enfermedad, línea que desarrolló con gran vigor el bacteriólogo alemán Robert Koch, quien descubrió en pocos años los agentes causales del ántrax, la tuberculosis y el cólera. Este investigador planteó sus famosos ‘postulados’, pieza central en los orígenes de la Microbiología Médica. Otro desarrollo conceptual fundamental asociado al trabajo de Pasteur fueron los experimentos en los que se descartó el concepto de ‘generación espontánea’ para explicar el origen de los microorganismos; a partir de dichos estudios quedó claro que los microbios sólo se originan de microbios. Finalmente, aparejado al estudio de los microorganismos, se investigó sobre los mecanismos que posee nuestro cuerpo para resistir las infecciones, es decir, se sentaron las bases de la ciencia de la Inmunología, gracias a los aportes del mismo Pasteur y de Emil von Behring, Elie Metchnikoff y Paul

Ehrlich. Pasteur demostró que si un animal o un ser humano recibe inyecciones de un microorganismo que ha sido artificialmente ‘atenuado’ (que ha perdido su potencia para causar enfermedad) se provoca una respuesta inmunitaria consistente en que el individuo se vuelve resistente al microorganismo inyectado, aún en su estado salvaje. Y se vio, gracias al trabajo del científico alemán Emil von Behring y del investigador japonés Shibasaburo Kitasato, que cuando un animal recibe inyecciones de un ‘toxoides’, esto es, de una toxina producida por una bacteria inactivada artificialmente, este animal sintetiza en su sangre sustancias, llamadas ‘anticuerpos’, capaces de neutralizar dicha toxina y de proteger a ese mismo animal, o a otros animales o a personas a los que se administren esos anticuerpos.

- (3) El contexto social, económico, ideológico y político hacia fines del siglo XIX también contribuyó al desarrollo de la microbiología. Por un lado los sectores industriales, sobre todo relacionados con la industria alimentaria y de bebidas alcohólicas, planteaban necesidades urgentes que fueron atendidas por científicos como Pasteur. En el caso de este investigador francés, el ambiente ideológico dominante en Francia influyó en sus opiniones sobre algunos temas científicos. Además, los estados-nación propugnaban por intervenciones en el ámbito de la salud pública dirigidas a reducir el impacto de enfermedades de alta prevalencia, especialmente aquellas de tipo infeccioso. El apoyo recibido por Koch y Pasteur de parte de sus respectivos gobiernos brinda claro testimonio de lo anterior. Desde luego, contribuyó el desarrollo paralelo de otros campos de la ciencia y la tecnología, como la química y su aplicación a la industria. Finalmente, no se debe perder de vista que algunas potencias europeas y los Estados Unidos de América estaban en un franco proceso de expansión colonialista y las enfermedades tropicales constituían una limitante a dicha expansión. La Medicina Tropical surgió, en parte, por una clara necesidad político-hegemónica de posibilitar la incursión de dichos países en diversas regiones del mundo.

No es casual, por lo tanto, que Koch dedicara gran parte de sus esfuerzos a estudios sobre enfermedades infecciosas y parasitarias en África, ni que Walter Reed y William Gorgas, médicos militares norteamericanos, se concentraran en el problema de la fiebre amarilla, que constituía un freno a la expansión estadounidense en Cuba y al proyecto de un canal interoceánico en Panamá.

## LA CONSOLIDACIÓN DE LA MICROBIOLOGÍA MÉDICA

Tan complejo y rico escenario suscitó que, en pocos años, se sentaran las bases de una nueva rama de la biomedicina: la microbiología médica, cuya finalidad es entender las causas microbianas de un gran número de enfermedades, así como aplicar estos conocimientos en la creación de tecnologías diagnósticas, preventivas y terapéuticas eficaces. Esta revolución conceptual posibilitó, casi de inmediato, desarrollos vertiginosos y una serie de aplicaciones tecnológicas en diversos ámbitos: (1) Métodos para estudiar las enfermedades infecciosas y determinar la etiología (esto es, los microorganismos responsables). (2) Métodos para producir vacunas que permitieran prevenir muchos de estos padecimientos. (3) Búsqueda de sustancias, de tipo sintético o natural, que resultaron dañinas para los microorganismos y que, por tanto, se pudieran usar en la terapia de enfermedades infecciosas.

### *(1) Descubrimiento de microorganismos causantes de enfermedades y mejores herramientas de diagnóstico*

Luego de los espectaculares descubrimientos de los agentes microbianos del ántrax, la tuberculosis y el cólera, efectuados por Koch, se describieron, en un lapso de pocos años, las bacterias responsables de las infecciones piógenas, así como de la gonorrea, la tifoidea, la difteria, el tétano, la gangrena gaseosa, la peste bubónica y la sífilis, por citar sólo algunas.

Además, se demostró que ciertos males infecciosos son causados por microorganismos ‘filtrables’, o sea, mucho más pequeños que las bacterias. Estos agentes son los virus, los cuales requirieron para su estudio de nuevos desarrollos metodológicos, entre los que destaca el cultivo de células *in vitro*, puesto que los virus necesitan de células para crecer, ya que son parásitos obligados. Asimismo, se demostró que algunos microorganismos, como los causantes de la fiebre amarilla, son transmitidos al ser humano por artrópodos (mosquitos, garrapatas, etc.). El desarrollo de métodos diagnósticos más específicos y eficaces fue otra de las consecuencias de estos avances científico-tecnológicos, con el florecimiento del diagnóstico de laboratorio de enfermedades infecciosas, brazo fundamental de la medicina contemporánea.

## (2) *Prevención de enfermedades infecciosas*

El conocimiento de los agentes causales de múltiples enfermedades, así como de los mecanismos de transmisión de las mismas (contacto con secreciones, agua contaminada, artrópodos, etc), posibilitó el desarrollo de medidas de tipo preventivo desde muy diversas fuentes. Estas incluyeron: intervenciones en los sistemas de tratamiento y distribución de agua, sistemas de letrinización, hábitos higiénicos diversos, programas de vacunación, erradicación de insectos vectores, etc. Todas estas acciones formaron parte de programas de salubridad promovidos y ejecutados por gobiernos y, posteriormente, por entes internacionales; un ejemplo en este sentido es el ‘Programa Expandido de Inmunización’, promovido en 1974 por la Organización Mundial de la Salud. Como corolario, a lo largo del siglo XX se logró reducir drásticamente la incidencia de las enfermedades infecciosas, con el consecuente incremento en la esperanza de vida.

### (3) *Tratamiento de enfermedades infecciosas*

Los primeros pasos en el desarrollo de la quimioterapia de infecciones se dieron alrededor de los esfuerzos del científico alemán Paul Ehrlich, quien evaluó una gran cantidad de sustancias químicas en cuanto a su efecto destructor de microorganismos. El hito central de dichos empeños fue el descubrimiento del ‘Salvarsan’, denominado también ‘compuesto 606’, el cual se utilizó en el tratamiento de la sífilis. Posteriormente, otros grupos de investigadores desarrollaron las sulfas; y Alexander Fleming descubrió la penicilina, compuesto producido por hongos del género *Penicillium* que es capaz de afectar la síntesis de la pared celular de las bacterias. Con Fleming se abrió así el universo de los antibióticos. Más adelante se descubrieron y desarrollaron incontables variedades de antibióticos que actúan contra diferentes bacterias y que han transformado radicalmente la terapia de las infecciones. Paralelamente floreció la ‘inmunización pasiva’: terapia basada en la administración de anticuerpos producidos por otras personas o por animales; los llamados *sueros antitetánico* y *antidiftérico* constituyen ejemplos de esta línea terapéutica. Más recientemente se desarrollaron drogas antivirales, las cuales han sido de gran valía en el tratamiento de ciertas enfermedades causadas por virus.

## LA REVOLUCIÓN MICROBIOLÓGICA EN COSTA RICA: ALGO MÁS QUE SIMPLES ECOS

La explosión científico-tecnológica que sobrevino a las escuelas de Pasteur y Koch se extendió por todo el planeta y tuvo amplia repercusión en Costa Rica. Para comprender el efecto de dicha revolución en nuestro país es necesario ubicar el contexto político, económico y de salud en el que estaba inmersa Costa Rica a fines del siglo XIX y principios del XX. El proyecto liberal

que dominó la agenda ideológico-política en esa época promovió profundas transformaciones económicas, centradas alrededor del cultivo, procesamiento y comercialización del café, así como un proceso de secularización de la enseñanza en otras esferas de la vida nacional. Asimismo, prevaleció una visión positivista asociada con la ideología del progreso, la cual incluía fomentar el concepto de "nación costarricense", basado en parte en una supuesta homogeneidad étnica, y la difusión de valores centrados en el orden, la legalidad, la educación, la ciencia y la higiene. Este proceso promovió avances y modernización en numerosos aspectos de la vida nacional; sin embargo, fue también un proyecto que excluyó de sus beneficios a importantes sectores de la sociedad. Las reformas educativas impulsadas por los liberales y lideradas por Mauro Fernández contribuyeron significativamente a consolidar esta cosmovisión.

Un aspecto central de esta avanzada liberal fue la importancia creciente que se le dio a la salubridad y a la higiene, para lo cual se utilizó el andamiaje constituido por los centros educativos existentes. Esta propuesta fue denominada por algunos 'la era de la higiene gratuita y obligatoria'. Como parte de las transformaciones culturales efectuadas, grupos de costarricenses efectuaron estudios en medicina y ciencias afines en centros académicos europeos y norteamericanos. Un sector de estos profesionales, entre los que destacan los médicos Carlos Durán y Solón Núñez, centró sus esfuerzos en la promoción de proyectos novedosos y progresistas, los cuales se fundamentaron en la teoría del germen y las implicaciones tecnológicas de la revolución microbiológica. Se desarrollaron campañas de promoción de la salud y de mejoramiento de condiciones relacionadas con el suministro de agua, la construcción de letrinas y el uso de calzado; además, se administró tratamiento antiparasitario a una cantidad significativa de costarricenses, aunque estas intervenciones no cubrieron por igual a toda la población. Gracias a estos visionarios de la salud pública, el Estado costarricense asumió un rol protagónico en la promoción de la salud entre sus ciudadanos; rol que se incrementó en las décadas posteriores.

Como parte del proceso, se establecieron algunos laboratorios, por ejemplo el del Hospital San Juan de Dios, promovido por el mismo Carlos Durán. En 1914 regresó de Francia Clodomiro Picado Twight, quien había efectuado estudios en la Sorbona y en el Instituto Pasteur. Picado, quien ha sido el más destacado científico costarricense, venía imbuido de los paradigmas de la revolución microbiológica y asumió la dirección del Laboratorio del Hospital San Juan de Dios. Desde ese centro, Picado desplegó una impresionante labor de investigación científica, así como de creación y adaptación de tecnologías para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades infecciosas, permeando su trabajo con una clara perspectiva social. Su labor, junto a la de sus colaboradores, sentó bases sólidas para el desarrollo de la microbiología médica en Costa Rica.

Al morir Picado, en 1944, varios de sus más inmediatos colaboradores continuaron con el trabajo en el Hospital. Entre estas personas se destacó Alfonso Trejos Willis, quien efectuó estudios en Brasil y Estados Unidos y también desplegó una intensa actividad científica. La creación de la Universidad de Costa Rica, en 1940, posibilitó que apareciera la Sección de Microbiología en la Facultad de Ciencias, sección que posteriormente se convirtió en la Facultad de Microbiología. Muchos de los primeros estudiantes y docentes de dicha Facultad tuvieron una estrecha relación con el Laboratorio del Hospital San Juan de Dios, lo cual contribuyó a generar un ambiente académico universitario rico y dinámico, reflejado en la gran cantidad de investigaciones y publicaciones gestadas en esta Facultad. La disciplina de la microbiología ha contribuido significativamente a los importantes avances de la salud en Costa Rica, aportando profesionales dedicados al laboratorio clínico y contribuyendo con múltiples investigaciones en bacteriología, virología, micología, parasitología, inmunología, hematología y química clínica, entre otras.

## **LOGROS Y LIMITACIONES DE LA REVOLUCIÓN MICROBIOLÓGICA Y DE SUS APLICACIONES TECNOLÓGICAS**

El desarrollo de la microbiología médica constituye uno de los mejores ejemplos del poder transformador de la ciencia y la tecnología. Esta revolución conceptual cambió la visión de la enfermedad y abrió las puertas para el desarrollo de técnicas novedosas que incidieron en un marcado incremento de la calidad de vida. La identificación de los microorganismos patógenos, la aparición de las vacunas, el desarrollo de la quimioterapia de infecciones y el descubrimiento de los antibióticos, los sistemas de tratamiento de aguas y la aparición de poderosos métodos diagnósticos redujeron radicalmente la incidencia y el impacto de muchas enfermedades infecciosas. Dos ejemplos representativos de este proceso son el desarrollo de las vacunas de la poliomielitis, en las décadas de 1950 y 1960, y la erradicación de la viruela, que ha sido la primera enfermedad infecciosa oficialmente eliminada como consecuencia de los esfuerzos planificados en el área de la salud pública. Los escenarios más optimistas presagiaban, en las décadas posteriores a la Segunda Guerra Mundial, que el amenazante mundo de las enfermedades infecciosas iba a ser conquistado por la ciencia y la tecnología.

Sin embargo, la realidad se encargó de mostrar que la lucha contra los microorganismos productores de enfermedades estaba lejos de ser ganada y que, en el vaivén dialéctico de la relación entre el ser humano y los microorganismos, éstos nos iban a dar nuevas sorpresas. Por un lado, apareció en el horizonte el fenómeno de la resistencia a los antibióticos, el cual ha llegado a proporciones alarmantes y se relaciona, en mucho, con el abuso que hemos hecho de estos medicamentos. Por otra parte, no ha sido posible desarrollar vacunas exitosas contra una serie de enfermedades importantes; los microbios han demostrado tener formas sorprendentes de cambiar y de evadir los mecanismos inmunológicos de nuestros organismos. Y encima han aparecido una serie de enfermedades infecciosas ‘emergentes’ y ‘re-emergentes’, muchas de ellas asociadas a las drásticas alteraciones ambientales

y sociales que el mismo ser humano ha introducido con el manejo frecuentemente irracional de su entorno.

La epidemia del SIDA, con cifras impresionantes de mortalidad y con perspectivas de expansión dramáticas, ha sido un claro mentís a la pretensión de controlar en el corto plazo las enfermedades infecciosas. Otras enfermedades, que ya habían sido controladas en muchas partes del mundo, reemergieron con inusitada fuerza (son los casos del cólera, la tuberculosis y el dengue, por ejemplo). Somos testigos, además, de la aparición de enfermedades infecciosas como las causadas por los virus Hanta y Ébola, y por el más reciente virus surgido en Asia, causante del Síndrome Respiratorio Agudo Severo. Como si no fuera bastante, se tambaleó el paradigma de que los agentes infecciosos deben ser bacterias, hongos, virus o parásitos, al descubrirse que proteínas denominadas ‘priones’ son capaces de transmitirse entre animales y de éstos al ser humano, generando patologías como las ‘encefalopatías espongiiformes’, un conjunto de enfermedades caracterizadas por degeneración neurológica y demencia. Finalmente, las desigualdades sociales, tanto entre países como al interior de éstos, y la incapacidad de muchos gobiernos para atender las demandas de salud de sus poblaciones, han mostrado los límites para enfrentar con éxito la tarea de combatir las enfermedades infecciosas. La sobreestimación del poder de la ciencia y la tecnología ha dado paso a una perspectiva más humilde y recatada, así como a una comprensión más profunda de la complejidad de las interacciones entre los seres humanos y los microorganismos.

## **LA BIOLOGÍA MOLECULAR Y LA EXPLOSIÓN DE INFORMACIÓN ASOCIADA CON EL ESTUDIO DE LOS GENOMAS Y PROTEOMAS DE MICROORGANISMOS**

En abril de 1953, James Watson y Francis Crick dilucidaron la estructura de doble hélice de la molécula del ADN, responsable

de contener la información genética que se transmite de generación en generación en todos los seres vivos. Este logro fue seguido de otros no menos importantes, como la comprensión del código genético, el descubrimiento de las enzimas de restricción, que cortan el ADN en sitios específicos y que posibilitaron la manipulación de los genes mediante el clonaje, y el desarrollo de métodos para la amplificación de secuencias específicas de ADN, así como para conocer el orden en que se disponen sus bases nitrogenadas y, con ello, la posibilidad de conocer el secreto de los genomas de los seres vivientes. Las herramientas tecnológicas surgidas al calor de los conocimientos en biología molecular abrieron las puertas a un nuevo tipo de biotecnología, al convertir a bacterias y levaduras en fábricas productoras de los más variados tipos de proteínas para usos muy diversos.

Estos desarrollos permitieron conocer los genomas de microorganismos; el primero que se describió, en 1995, fue el de la bacteria *Haemophilus influenzae*, responsable de causar trastornos respiratorios y meningitis; posteriormente se completó el estudio de gran cantidad de genomas de bacterias y hongos, en una lista que continúa creciendo con rapidez. También se ha estudiado la composición de proteínas (o ‘proteoma’) de muchos microorganismos y más recientemente se han desarrollado herramientas para estudiar el perfil completo de expresión del ARN mensajero (el ‘transcriptoma’): este ácido nucleico es el encargado de llevar la información de los genes a las fábricas de proteínas que son los ribosomas.

Esta vertiginosa explosión informativa, asociada al estudio de genomas, proteomas y transcriptomas, sobrepasa la capacidad de integración y comprensión que tenemos actualmente. Ocurre, por lo tanto, un claro desbalance entre la capacidad del ser humano de generar información y la posibilidad de incorporar esa información en nuevos paradigmas que lleven a una más adecuada comprensión de las características de los microorganismos y su interacción con nuestras células.

## COMPRESIÓN DE LOS MICROORGANISMOS Y LAS ENFERMEDADES QUE PRODUCEN Y EN LA APLICACIÓN SOLIDARIA DE DICHO CONOCIMIENTO

Desde la explosión conceptual y tecnológica que caracterizó el despegue de la microbiología, a finales del siglo XIX, el conocimiento de los microorganismos y su influencia en el proceso salud/enfermedad, así como las aplicaciones tecnológicas derivadas de dichos conocimientos, nos han llevado a rumbos y parajes insospechados hace sólo algunas décadas. No obstante, los retos que se presentan en estos campos de la actividad humana siguen siendo gigantescos. Algunos de estos desafíos, de cara al siglo que recién comienza, son:

### ***(1) Necesidad de nuevos saltos paradigmáticos en la comprensión de las enfermedades causadas por microorganismos***

Se requiere integrar el enorme caudal de información suministrado por el conocimiento de los genomas, los proteomas y los transcriptomas en una perspectiva de carácter holístico, que supere las visiones reduccionistas y ponga énfasis en las complejas interacciones entre los microorganismos y las células de nuestro organismo que se ven invadidas por ellos. Los complejos procesos interactivos entre unos y otras, los cambios que esta interacción ejerce en ambos y las consecuencias que esos cambios traen a los organismos parasitados por los microbios constituyen temas fascinantes, que están siendo investigados por una rama del conocimiento relativamente reciente denominada 'microbiología celular'. Hay aquí un fecundo campo de investigación lleno de retos e incógnitas.

### ***(2) Necesidad de desarrollar nuevas herramientas para diagnosticar, prevenir y curar las enfermedades infecciosas***

Hay cierto estancamiento en nuestra capacidad para generar nuevas respuestas tecnológicas en el enfrentamiento de

enfermedades de origen infeccioso y parasitario que continúan menoscabando de manera importante la salud humana, sean éstas conocidas hace tiempo (como la tuberculosis), o trastornos de aparición reciente (como el SIDA). El desarrollo de nuevos antibióticos y drogas antivirales más poderosas requiere de esfuerzos interdisciplinarios en procesos de síntesis y de bioprospección, o búsqueda de principios antimicrobianos en la biodiversidad del planeta.

**(3) *Necesidad de valorar lo social en el estudio de las enfermedades y en la búsqueda de soluciones***

El énfasis que se ha puesto en los factores estrictamente microbiológicos y biotecnológicos ha soslayado la relevancia de los estudios sociales en el conocimiento de las enfermedades infecciosas. La interacción de las ciencias naturales y las sociales debe ser una de las características de los esfuerzos futuros en estos temas. La enfermedad infecciosa ocurre en contextos sociales, económicos y políticos específicos; tales contextos deben ser estudiados y comprendidos, ya que la solución de los problemas de salud requiere de componentes en todos los planos del conocimiento.

**(4) *Necesidad de socializar y democratizar los avances en ciencia y tecnología***

Resulta tristemente paradójico que los grandes avances logrados por la microbiología en el último siglo estén lejos del alcance de grandes grupos de seres humanos. La dislocación que sufre nuestra civilización actualmente, caracterizada por el usufructo de los avances científico-tecnológicos por un número reducido de países y de élites sociales, obliga a plantear como prioritaria la tarea de lograr que la ciencia y la tecnología se conviertan en instrumentos de mejoramiento de la calidad de vida de todos los humanos, y no sólo de una minoría. Una de las tareas más urgentes en el futuro cercano

es la de poner los avances científico-tecnológicos al servicio de la humanidad como un todo. Ojalá que, cuando se haga el recuento de los logros de la microbiología médica a finales del siglo XXI, se comente que, a la par de haber descifrado muchos secretos de los microorganismos y de desarrollar tecnologías novedosas, dichos esfuerzos se proyectaron a la sociedad mediante procesos imbuidos de humanismo, contribuyendo significativamente a la construcción de un mundo más justo y solidario.

## LECTURAS RECOMENDADAS

- (1) de Kruif, P. *Cazadores de microbios*. Editores Mexicanos Unidos, México; octava edición, 1986.

Este libro constituye una referencia clásica que describe la obra de los principales pioneros de la microbiología.

- (2) Brock, T.D. Robert Koch. *A life in Medicine and Bacteriology*. American Society of Microbiology Press, Washington, D.C., USA, 1999.

- (3) Dubos, R. *Pasteur and Modern Science*. American Society of Microbiology Press, Washington, D.C., USA, 1998.

Estos dos libros describen y analizan la obra científica de Robert Koch y Louis Pasteur, quienes jugaron un papel fundamental en los orígenes de la Microbiología.

- (4) Brock, T.D. (Editor). *Milestones in Microbiology, 1546 to 1940*. American Society for Microbiology Press, Washington, D.C., USA, 1999.

Esta publicación presenta los más importantes trabajos originales que sentaron las bases de la microbiología en sus diversas ramas. Constituye una referencia de gran valor para quienes deseen leer las contribuciones originales de los científicos en este campo.

- (5) Gutiérrez, J.M. "Algunas reflexiones sobre Clodomiro Picado Twight y su contribución al desarrollo de las ciencias médicas y naturales en Costa Rica." *Revista de Filosofía de la Universidad de Costa Rica* XXIV (59): 105-110, 1986.

Esta publicación presenta un análisis de la obra científica de Clodomiro Picado y del estilo de trabajo que caracterizó a este investigador costarricense.

- (6) Farley, J. The social, political and religious background to the work of Louis Pasteur. *Annual Review of Microbiology* 32: 143-154, 1978.

Este trabajo muestra claramente cómo los aspectos ideológicos, políticos y religiosos dominantes en Francia en la segunda mitad del siglo XIX incidieron sobre la actividad científica de Louis Pasteur.

- (7) Garrett, L. *The Coming Plague. Newly Emerging Diseases in a World Out of Balance*. Penguin Books, New York, USA, 1995.

Este libro presenta, de manera amena, clara y sugestiva, la problemática de las enfermedades infecciosas emergentes y re-emergentes en el mundo, así como de los factores sociales, económicos, culturales

EDITORIAL  
UCR  
Ejemplar sin  
valor comercial



## EVOLUCIÓN DE LA MEDICINA EN EL SIGLO XX

*Juan Jaramillo Antillón \**

y ecológicos que han mediado en estos fenómenos.

A principios del siglo XX la medicina sufría de atrasos difíciles de comprender para finales de ese mismo siglo. No existían por esa época antibióticos para combatir las infecciones bacterianas, ni antiparasitarios adecuados; los sedantes y analgésicos eran muy rudimentarios y existían pocas vacunas. Las sangrías (sacar sangre de una vena) recomendadas por los médicos en enfermedades graves, remataban a los pacientes; así murió Jorge Washington, a quién las sangrías repetidas por una infección faringo-laríngea que padecía lo debilitaron.

Cuando una persona sufría de una infección urinaria o pulmonar por bacterias o una disentería por amebas, shigellas o del tipo tifoidea, la base del tratamiento era “el consuelo” que el médico le daba a la cabecera del enfermo, niño o adulto. Tampoco había agua potable ni sistemas de alcantarillado en muchas ciudades del mundo, incluyendo San José, y por ello, no eran raras las epidemias por infecciones hídricas como el cólera, que mataba a miles

---

\* Catedrático de la Escuela de Medicina de la Universidad de Costa Rica. Profesor Emérito de la Universidad de Costa Rica. Ex Ministro de Salud y Ex Presidente de la Academia Nacional de Medicina.

de personas cuando irrumpía en una ciudad o un país.

La esperanza de vida era de 40 años, y de una familia de 10 hijos solo solían alcanzar esa edad 3 de ellos. Las operaciones se realizaban en salas contaminadas y sin anestesia, para horror y dolor de los pacientes; y si sobrevivían, muchos se infectaban posterior a la operación y morían como consecuencia de ello. Ser internado en un hospital era algo serio, ya que esa persona tenía más posibilidades de morir que las que enfrentaron los soldados en la batalla de Waterloo o en la Primera Guerra Mundial.

En el conocimiento médico privaba el prestigio: supuestamente su “ojo clínico” (experiencia) era lo que hacía la diferencia entre los buenos y los malos médicos, y de hecho es cierto que algunos médicos eran más expertos que otros en diagnosticar enfermedades graves, pero no tenían armas (medicamentos ni terapias quirúrgicas) para salvar a los enfermos. Era la naturaleza de cada individuo, o sea, su resistencia a la enfermedad lo que lo condenaba o salvaba de una afección grave. Lo que más impresiona de los principios del siglo XX es que los médicos se habían olvidado de la medicina hipocrática y de sus consejos para evitar factores de riesgo, como veremos; y por ello se había atrasado esta profesión en forma inexplicable.

Hoy, el ojo clínico ha sido sustituido por la buena preparación académica (teoría) más experiencia para hacer un diagnóstico, a lo que se agrega la ayuda que nos proporcionan el laboratorio y las técnicas de gabinete, con avances portentosos en cuanto a tecnología como los ultrasonidos, las tomografías, arteriografías, endoscopías, etc.

Pero aún contando con todos los medios diagnósticos modernos, los médicos no deben olvidar una serie de premisas ya establecidas por Hipócrates y luego restablecidas por los grandes clínicos del siglo XIX. Lo primero era realizar una buena inspección del paciente observar su *facie* para ver qué nos revelaba: dolor, temor, infección, palidez de anemia o sangrado, etc. Lo segundo, hacer un buen interrogatorio para lograr la información adecuada sobre la agudeza o cronicidad del mal que afectaba al paciente, o sea, sus síntomas, incluyendo antecedentes familiares importantes

o de hábitos (comidas, bebidas, costumbres, trabajo, etc). Lo tercero era una buena exploración física lo más completa posible, desde la boca al ano.

Ayer como hoy, una buena historia clínica es la base de un buen diagnóstico, y los errores en su mayoría se cometen por no haber seguido adecuadamente los pasos señalados. Los médicos actuales que no aprendieron a interrogar y explorar a sus enfermos, por no tener profesores exigentes en este aspecto (algo no raro en la actualidad) se convierten en esclavos de la tecnología diagnóstica y, sin embargo, cuando uno tiene años de experiencia clínica (teórico-práctica), sabe que desde el más simple examen de laboratorio, pasando por los estudios radiológicos más avanzados, mamografías, ultrasonidos, tomografías, etc., todos tienen falsos positivos y negativos o son interpretados erróneamente, y sin la guía de la clínica pueden proporcionar diagnósticos equivocados. Y es que es el médico -y sólo él- el que establece la correlación entre esos métodos diagnósticos y los hallazgos clínicos encontrados en los enfermos.

La medicina antigua mesopotámica, egipcia y de otras latitudes, 3000 años a.C., estaba basada en la magia contra los espíritus malignos de los que el hombre tenía que ser protegido mediante conjuros contra el demonio, para sacarlo fuera de su cuerpo. Los que trataban a los enfermos eran sacerdotes y adivinos, que interpretaban los augurios y predecían el curso de las enfermedades. Posteriormente, en Egipto aparecieron los médicos-sacerdotes que ya empleaban algunos medicamentos como el yodo para tratar los bocios, laxantes, y hacían trepanaciones de cráneo en pacientes con epilepsia y traumas.

Pero la *medicina científica* hizo su aparición en Grecia hace 2400 años, y el responsable de esto fue un ser humano excepcional, símbolo del médico ideal: **Hipócrates**, quien separó la práctica de la medicina de la filosofía y de la magia, y la centró en el análisis de los síntomas y signos que presentaban los pacientes. Fue el primer médico en analizar los errores como la mejor forma de aprender y adquirir experiencia en el diagnóstico. Gracias a lo anterior, la medicina dejó de ser un arte y se convirtió en una ciencia, y a partir de ese momento sus avances estaban sujetos a

la prueba del ensayo y el error.

Ahora todos aceptamos que la medicina, como la ciencia, vive de verdades relativas, que cambian con el tiempo, y gracias a esto, es posible el progreso científico. A partir de ese momento se comprendió que los mejores médicos no eran los que no se equivocaban, sino los que se equivocaban menos. Además, Hipócrates fue el primer salubrista, ya que asoció la aparición de algunas enfermedades con las condiciones climáticas y de ambientes malsanos, como era el caso de las fiebres maláricas y la disentería. Proclamaba la necesidad de ejercicios permanentes y de comer y beber moderadamente para conservar la salud. Ridiculizaba el supuesto origen divino de las enfermedades, o que éstas estuvieran provocadas por demonios (cosa que algunas religiones sostienen en la actualidad) incluyendo la epilepsia, señalando que la causa de la misma estaba en el cerebro, y no se equivocó en su diagnóstico. El decía: *“el hombre debe saber que sólo del cerebro proceden las alegrías y las penas, y que es gracias a él que adquirimos conocimientos y sabiduría, vemos, oímos y conocemos qué es lo malo y lo bueno. Por el mismo órgano nos volvemos locos, y de él proceden los sueños”*. Yo creo que ni el mejor neurólogo del mundo podría describir mejor que Hipócrates las funciones del cerebro.

A través de los siglos se pudieron apreciar en toda su grandeza las enseñanzas de este médico, y fue así como llegamos a aceptar desde finales del siglo XIX que *la educación para la salud y la prevención* eran cruciales para evitar las enfermedades en una persona o población, sobre todo en esa época, en que no contábamos con medicamentos específicos, ni con los conocimientos y medios quirúrgicos para combatirlos.

Además, la experiencia mostró que la salud de una población no dependía de que existieran muchos médicos y hospitales, ya que si bien estos llegaron a ser fundamentales para recuperar la salud, no eran la clave para conservarla. De ahí surgió el concepto de que el médico no sólo debe curar, sino tratar de que la gente no se enferme; algo que aún pocos médicos cumplen, debido a que resulta difícil entender qué es la salud. Convivimos con ella sin darnos cuenta de su presencia; es como el aire: no se ve, no huele, no se siente y

solamente en su ausencia nos damos cuenta de que existe.

A igual que en la antigüedad, y a pesar de los grandes avances de la medicina, continúa existiendo una **patología social**, condicionada por las malas costumbres y el ambiente en que viven las personas y que contribuye a que ellas se enfermen. Entre estos están: La mala educación, cualquiera que sea el nivel económico de las personas; la pobreza por falta de fuentes de trabajo que impide alimentarse bien; el abuso del licor, el fumado y las drogas; la obesidad por excesos en comer; la industrialización y el aumento de los automotores que contaminan el aire, los ríos y provocan accidentes.

A lo anterior se agrega el aumento de la violencia en las calles y hogares, los embarazos no deseados debidos a la falta de buenos programas de educación sexual en el hogar y en las instituciones educativas del gobierno. Todo ello constituye el **ambiente social de la salud**, sobre el cual es posible influir mediante programas educativo-preventivos.

Pero además estamos sufriendo, al igual que hace siglos, de enfermedades crónicas como la diabetes, las artritis, el cáncer, las cardiopatías, el enfisema pulmonar, la hipertensión arterial, la sordera, la ceguera, los trastornos mentales y otros, debido a que con el aumento de la esperanza de vida la población se está envejeciendo, y ahí suelen ser más evidentes los males relatados.

Aún no se han podido vencer y están volviendo a tener vigencia enfermedades como la tuberculosis, el dengue, la malaria y el cólera. Las mismas bacterias, hongos, parásitos y virus de la antigüedad continúan provocando las mismas enfermedades en las personas, como son: la otitis, las neumonías, las gastroenteritis, el paludismo, la amebiasis, las infecciones genitales venéreas, las gripes, etc. Con la desventaja de que se han hecho resistentes muchas de ellas a los medicamentos actuales.

Pero lo que más preocupa en estos finales del siglo XX e inicios del XXI son las **mutaciones** que están sufriendo las bacterias y los virus y que fortalecen su resistencia. Esto está sucediendo más rápidamente que la capacidad del organismo humano y sus mecanismos defensivos inmunológicos para hacerles frente; o de la velocidad que la ciencia tiene para descubrir drogas. El mejor

ejemplo de esto es la enfermedad conocida como SIDA, provocada por un virus anteriormente inocuo y que al mutar, por alguna causa, ha ocasionado la muerte de millones de personas.

La resistencia de algunas bacterias, de los *plasmodium* (malaria) o del bacilo de la tuberculosis a los medicamentos son otros ejemplos del problema. Por otro lado, enfermedades que nunca se pensaron causadas por bacterias o virus ahora se relacionan con éstos, como el *Helicobacter pylori* para dar gastritis, úlceras y cáncer del estómago. Una bacteria (*estreptococo*) causa las caries de los dientes. El cáncer del cuello uterino, el de la nasofaringe y un linfoma son producidos por virus.

Al parecer, *LA ECOLOGÍA Y LA SALUD* comienzan a tener íntima relación, ya que la pérdida del equilibrio en la naturaleza entre los seres y las plantas comienza a ser causa de la aparición de nuevas enfermedades, al alterar el ambiente interior o el exterior; y se modifican así las relaciones que hemos mantenido por siglos. Los seres humanos somos portadores de grandes cantidades de bacterias y posiblemente virus, que habitan en la boca, bronquios, pulmones y aparato digestivo sin causarnos daños; más bien contribuyen en muchos casos con el metabolismo, como sucede con los lactobacilos y los *Coli*, que cuando están en proporción normal impiden la proliferación de las salmonellas y los anaerobios peligrosos para la salud, y ayudan a la absorción de nutrientes como la vitamina B12, etc. Si destruimos esta flora con antibióticos se puede producir una severa diarrea. La realidad es que, de los miles de bacterias existentes sólo unas 150 son patógenas. Incluso la vida en la Tierra no sería posible sin las bacterias y hongos, que fueron nuestros precursores y desintegran los cadáveres de animales y plantas.

En los últimos años, han aparecido una serie de enfermedades provocadas por bacterias, virus y parásitos hasta hace poco desconocidas, como el SIDA ya mencionado, los virus de Hong Kong, del Ébola, del Nilo y la “proteína” infecciosa de la encefalitis equina, que afecta a los humanos por comer carne contaminada. Ahora, una nueva epidemia que se inicia como una gripe, y en un porcentaje elevado mata por provocar una neumonía contra la cual no

hay antibiótico, llamada SARS, es causada al parecer por un antiguo virus de la gripe que mutó y se volvió agresivo; no sabemos hasta dónde se continuará propagando debido al transporte por avión de pasajeros de un país a otro lejano. En 1919 *la influenza española* se extendió por todo el planeta y mató a 25 millones de personas. La globalización de las enfermedades es ya un hecho grave.

Lo anterior pone en evidencia que la activación de virus, bacterias y priones, que anteriormente funcionaban en la naturaleza como parásitos de plantas, ratas, aves, y monos, incluso sin lesionados, ahora ocasiona graves enfermedades al emigrar de sus huéspedes naturales a mosquitos, ratas, gatos y perros de ciudad. Todo a raíz de la alteración del ambiente provocada por el hombre causado mediante la deforestación de los bosques, la contaminación y recalentamiento de la atmósfera, facilitado por la existencia de grandes conglomerados humanos con focos de hacinamiento, suciedad y pobreza. Los médicos del siglo XXI deben convertirse en los primeros defensores de la ecología.

## LA MEDICINA Y LOS MEDICAMENTOS DEL FUTURO

En el año 1775, el Dr. Percival Pott señaló la asociación que existía entre el cáncer del escroto y la presencia de polvo de carbón en la ropa y piel de los deshollinadores de Londres, llegando a la conclusión de que ese carbón entre los pliegues del escroto provocaba el cáncer. Se llegó entonces por primera vez a reconocer que una sustancia química podía producir tumores. Hoy sabemos que el cáncer del pulmón, la boca, laringe y faringe son provocados por las sustancias que contiene el cigarro. Después de la vacuna de Jenner contra la viruela, se han inventado en el siglo pasado decenas de vacunas que nos han ido librando de múltiples enfermedades como viruela, poliomielitis, difteria, tos ferina, sarampión, alguna hepatitis, meningitis, etc. Ha sido pues con medidas más preventivas que curativas como hemos logrado esto.

Uno de los grandes triunfos de la medicina se dio cuando Alexander Fleming en 1929 descubrió la penicilina, gracias a la

cual se salvaron millones de personas de morir por infecciones. Posteriormente se han elaborado muchos otros antibióticos, pero que lamentablemente pronto pierden su especificidad. A partir de allí y en los últimos 50 años hemos progresado en el diagnóstico y el tratamiento de las enfermedades lo que no logramos en dos mil años. Hemos descubierto métodos diagnósticos no invasivos para ver el organismo por dentro y la existencia de diversas lesiones, como se logra con los ultrasonidos, las tomografías y la resonancia magnética, que incluso muestran el cerebro trabajando diversos estímulos. Es fácil detectar cánceres en etapa temprana por endoscopías digestivas altas y bajas, que conducen a una curación de más de 80% de los casos. Cuando un órgano está tan lesionado que no puede recuperarse, le realizamos un transplante con éxito, ya sea del corazón, pulmones, riñones, hígado, etc. Se han descubierto nuevos medicamentos para controlar la diabetes, la hipertensión arterial, los problemas nerviosos y las infecciones. Desdichadamente, el costo de las nuevas drogas o de los nuevos exámenes de diagnóstico es muy elevado y más aún los tratamientos, por lo que si no se posee un seguro privado, o no se está en una país con un sistema de seguro social tipo canadiense o inglés para país desarrollado -o como el de Costa Rica para país en vías de desarrollo-, la posibilidad de que las personas reciban una buena atención es ínfima.

Creemos que en el futuro las curaciones del SIDA, el paludismo, los cánceres, las enfermedades infecciosas y otras se lograrán más con nuevas vacunas que con antibióticos. Por otro lado, los avances de la genética en este siglo, nacida con el descubrimiento de que en el núcleo celular de los seres vivos existen genes transmisores de la herencia y cuyas alteraciones pueden dar lugar a proteínas anormales que provocan enfermedades, ya sea hereditarias o adquiridas, ha cambiado totalmente el panorama de la terapéutica en medicina.

Ahora se están iniciando tratamientos para cambiar genes enfermos (mutados) por genes sanos, en los niños y en los pacientes con ciertas enfermedades. Se han creado proteínas productoras de ciertos genes para curar lesiones. Se están transplantando

células madres desde hace años en casos de leucemia (*stem cell*), y recientemente en otras patologías, para formar o regenerar tejidos en quemaduras, fracturas de huesos, cirrosis del hígado e infartos. Aparecen factores contra el crecimiento de las células cancerosas o sustancias que impiden que estas células proliferen. Los mecanismos reparadores celulares y genéticos están siendo activados para curar lesiones. En fin, estamos creando junto con las vacunas sustancias para ayudar al cuerpo a defenderse, por eso les recuerdo que Hipócrates decía: “*Las fuerzas naturales que se encuentran dentro de nosotros son las que verdaderamente curan las enfermedades*”. Y seguimos igual.

Con el conocimiento del *genoma humano* (todos los genes que conforman el núcleo de las células) y el descubrimiento del código genético y de las proteínas que cada gen produce y los problemas que sus cambios acarrearán al ser humano, la medicina del futuro serán no sólo curativa sino sobre todo preventiva, al identificar los genes que lesionados causan diferentes enfermedades y posiblemente puedan sustituirse muchos de esos genes enfermos en un futuro.

Debe recordarse que desde hace años se hace la prueba del ADN (ácido desoxirribonucleico) del interior del núcleo de las células donde están los genes, y que cada persona posee con caracteres definidos. La muestra de pelos, semen, saliva o sangre en personas que han sido violadas o asesinadas, se compara con otra muestra de una persona sospechosa de un crimen, delito sexual, etc. con resultados altamente positivos si son similares.

Gracias a ese estudio el escenario de la salud va a parecer de ciencia ficción y podría ser tan fantástico como lo siguiente:

- Al nacer cada niño en un hospital una toma de saliva o de sangre es enviada a un banco de datos del genoma humano ya sea del Estado o privado.
- Ahí se analizarán los genes de la muestra y se comparan con el genoma “estándar” ya para esa época completo.
- Las alteraciones que se aprecien pueden dar lugar a que se reporte a la familia cuáles enfermedades hereditarias va a pade-

cer (una o usualmente varias), o que predisposición tienen sus genes de ser alterados por factores ambientales.

En el aspecto de derechos humanos un mapa genético nuestro desde que somos niños nos pone en riesgo en diversas circunstancias, ya que la confidencialidad de la salud y la enfermedad de las personas se pierde. Se creará grave angustia a los padres al conocer las cercanas o lejanas enfermedades que padecerá su hijo, sobre todo, si no hay cura para ellas o no se tiene dinero para lograrla. Si alguna ley permite que las empresas puedan exigir el currículum genético de sus empleados, muchos podrían no obtener trabajo o ser despedidos. Lo mismo puede decirse si las empresas de seguros exigen el mapeo genético, pueden muy bien no asegurarlo a uno debido a que se le pronostican enfermedades graves. Podríamos crear una civilización de hipocondríacos, donde los individuos viven con el temor de la enfermedad que les afectará en el futuro.

La sociedad podría entonces dividirse en dos grupos: a) Los normales que serán seguramente pocos y b) los anormales que serán la mayoría por tener predisposición a sufrir una enfermedad. C) Con el tiempo, se podrían únicamente aceptar embarazos de niños con las características definidas que deseen los padres, ¿es esto bueno?

Comenzamos entonces a jugar a ser dioses, ya que estamos adquiriendo la capacidad de predecir el futuro de las personas para bien o para mal.

Éxitos como estos tocan puntos neurálgicos de la sociedad en el campo de la moral y la religión. Crean en algunos sectores sociales desconfianza en los avances tan acelerados de la ciencia y la medicina. Por esa razón y por el abuso que puede suceder con esos conocimientos habrá que reglamentar su aplicación.

Las paradojas de la medicina moderna están ahora en que pedimos a gritos una vacuna contra el SIDA y sabemos muy bien que podríamos evitarlo en la mayoría de los casos si quisiéramos con la abstinencia o empleando preservativos. Gastamos millones en investigación sobre las causas del cáncer, y todo el mundo sabe

que si se dejara de fumar desaparecerían el 90% de los cánceres pulmonares, de la boca y laríngeos. Ponemos en la cárcel a los borrachos que provocan accidentes, pero con eso no le devolvemos la vida o la salud perdida a los accidentados, si prohibiéramos el licor o si la gente aprende a beber moderadamente, se evitarían el 70% de los accidentes de tránsito, la violencia en calles y hogares disminuiría, y la cirrosis y los problemas sociales y económicos que el alcoholismo ocasiona a las familias desaparecería. Las infecciones venéreas y los embarazos no deseados con los abortos secundarios disminuirán si mediante la educación sexual se enseña la abstinencia, y si esto no es posible porque la pasión sexual es un acompañante natural del ser humano, el empleo de anovulatorios o preservativos podría evitar lo anterior.

Surge finalmente el “*paradigma perdido de la prevención*” en nuestra sociedad de la información y del consumo del siglo XX y que parece proyectarse igual en el siglo XXI.

La gente cree que si llega a enfermar la ciencia médica actual con sus avances reparará los daños que tenga. Pero esto no es posible en muchos casos y pese a ello, a la gente no le gusta le prevención, abusa del fumado y el licor, de las drogas, del sexo y de la velocidad que causa accidentes: Los medios de comunicación visuales y escritos estimulan a los jóvenes al consumo de bebidas, al fumado y al sexo. La violencia y el empleo de las armas son expuestos como formas naturales para resolver conflictos o problemas personales o de grupos. Se hace apología y se admira a los artistas violentos de la televisión y el cine y los niños y los jóvenes los imitan.

Por esta razón, de qué sirve inventar a costos millonarios, medios diagnósticos y realizar técnicas operatorias sobre corazones enfermos o transplantes en órganos con patología que pudo ser evitada si no se fumara, se bebiera o se comiera en excesos. Que sociedad esperamos tener en un futuro cercano si un 40% de los niños que nacen no tienen padre conocido y un 30% de las madres son niñas o jóvenes sin ninguna educación, recursos o preparación.

*El hombre pese a sus avances científicos culturales, a semejanza del aprendiz de brujo ha desatado fuerzas potencialmente destructivas que pueden algún día escapar a sus dominios. Por ello, la buena educación y los ejemplos en hogares, escuelas y colegios son esenciales, ya que de la mente del ser humano y de su formación ética y espiritual depende no sólo el progreso, sino la supervivencia del mundo.*

## BIBLIOGRAFÍA

- Ezzel C. Beyond the Human Genome. *Scientific American*. July 2000; 283 (1), 52-57.
- Garrison F. *Historia de la Medicina*. Ed. Interamericana, S. A. México, 1966.
- Jaramillo J. *El Cáncer*. Editorial Universidad de Costa Rica. San José. 1991; I: 2, 26-29
- Jaramillo J. *Salud y Seguridad Social*. Editorial Universidad de Costa Rica. San José. 1993.
- Jaramillo J. Evolución de la Medicina. *Acta Médica Costarricense*. Julio-Septiembre 2001; 43: (3), 104-113.
- Jaramillo J. *Historia y Filosofía de la Salud y la Medicina*. EDNASSS. CCSS, San José, 2002
- Jaramillo J. Lo que el médico debe saber sobre los genes. *Acta Médica Costarricense*. Enero-Marzo 2003; 45: (1), 10-14.
- Jaramillo J and Arrea Carlos. Status of Health and Medical Service in Costa Rica. 7th Annual Conference. *International Health Medical Education Consortium*. 1998, March 4-8.
- Leaver,G and Garman E. The Origin and Control of Pandemic Influenza. *SCIENCE*. September 7, 1994; 293: (5536). 1776.
- Ledeborg J. Pathway of discovery. *Infectious History. SCIENCE*, New York, April 2000; 288; (5464), 287-293.
- Lloyd. C. *Hippocratic Writing*. Punguin Book, Hammondswoeth, London, 1978.
- Milunsky A. *Your Genetic Destiny: Know Your Genes, Secure Your Health, Save Your Life*. Perseus Publishing, New York, 2001.

Singer Ch y Underwood A. *Breve Historia de la Medicina*. Ediciones Guadarrama. Madrid, 1966.

Zimmer C. Genetic Trees Reveal Diseases Origins. *SCIENCE*. May 2001; 292 (5519) 1090-1093.





## ALGUNOS CAMINOS DE LA FÍSICA DEL SIGLO XX

*Jorge E. Páez, Mairene Jiménez.\**

### INTRODUCCIÓN

Hoy resulta un anacronismo pretender que el físico tenga un completo conocimiento sobre los diferentes campos de la física, ya que la complejidad en cada rama de esta ciencia, es lo suficientemente grande como para que la persona dedicada al análisis de un determinado problema, no salga de su campo de estudio y le ocurre que, fácilmente, pase al olvido de las otras corrientes de investigación científica.

Aunque esto sucede muy a menudo, en el siguiente caso sencillo la aclaración es bien representada: a un físico que tenga como rama de investigación, digamos, la física experimental en semiconductores, no le **interesa** lo que un astrofísico investiga. Esta problemática viene desde hace varias décadas y con el propósito de reducir esas barreras tan habituales entre las diferentes corrientes de la física (extensibles también a otras ciencias), fue el tema central de la conferencia la Sociedad Europea de Físicos (European Physical Society) en Florencia en abril de 1969.

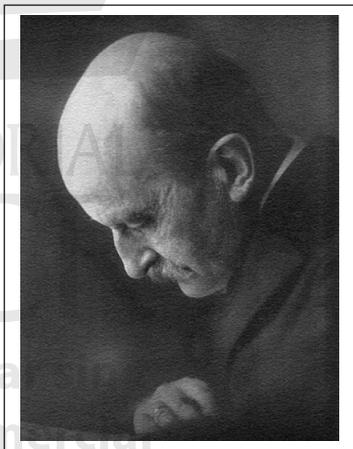
---

\* Centro de Investigaciones Espaciales, Universidad de Costa Rica.

El presente artículo tratará, al menos en espíritu, de seguir la línea trazada en esa conferencia, en torno a cómo minimizar esas barreras cuya vigencia en lo fundamental aún se mantiene.

## FÍSICA DEL SIGLO XX:

La física en el siglo XIX se basaba principalmente en la descripción de las propiedades de la materia en función de constantes empíricas, a pesar de que algunos principios básicos, como la existencia de los átomos (tabla periódica de los elementos de Mendelejev), ya se conocían en ese tiempo.

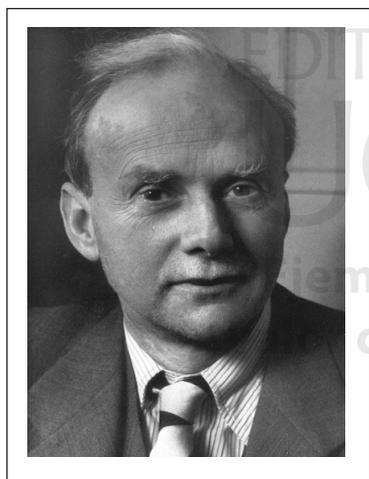
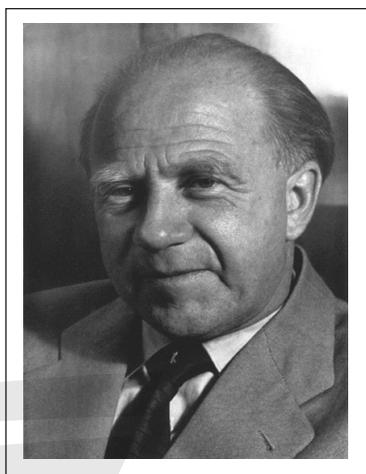


*Figura 1:  
Max Planck, padre de la  
teoría cuántica*

Así, el desarrollo de la física actual, al menos durante el siglo XX, se empieza a forjar, aunque parezca paradójico, en el comienzo mismo del siglo, es decir en 1900. Vale recordar que la conferencia pública **Max Planck** sobre el **quantum de acción** se da precisamente el 14 de diciembre de 1900 en que la Sociedad Alemana de Física anunciaba la conferencia de Max Planck sobre: 1) el denominado paradoja de Wien y 2) la teoría de la ley de la distribución de energía en el espectro normal. Puede considerarse este anuncio, (ver figura No.2) como el acta de nacimiento de la teoría cuántica.

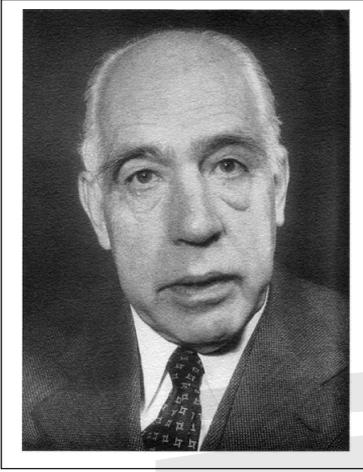


*Figura 4:  
Werner Heisenberg,  
descubridor del principio  
de incertidumbre  
de la teoría cuántica*



*Figura 5:  
Paul Adrien Maurice Dirac:  
su mecánica cuántica  
relativista abre las puertas  
para las teorías de campo de  
finales del siglo XX.*

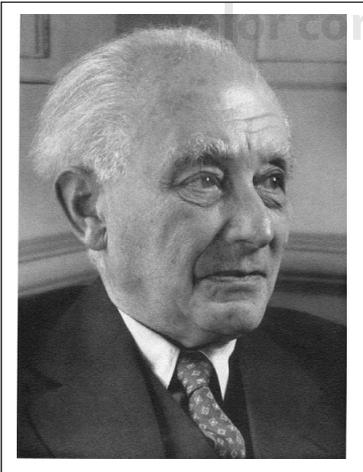
Esa época se caracteriza por la cimentación de los principios básicos de la Teoría Cuántica y por el análisis de sus consecuencias. Todos los fundamentos de la nueva teoría respondieron a una labor titánica lograda por pocos hombres; vale recordarlos: Werner Heisenberg, Erwin Schrödinger, Wolfgang Pauli, Paul Dirac, y Max Born.



*Figura 6:  
Niels Bohr*



*Figura 7:  
Erwin Schrödinger*



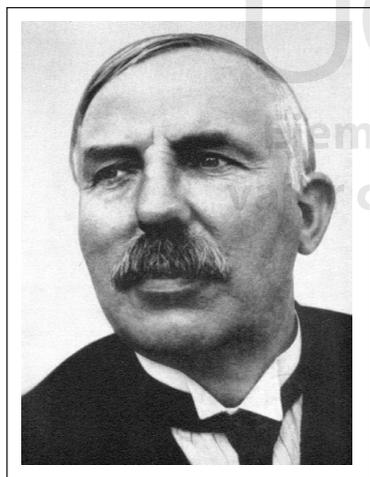
*Figura 8:  
Max Born*

EDITORIAL  
UCR  
Ejemplar sin  
valor comercial

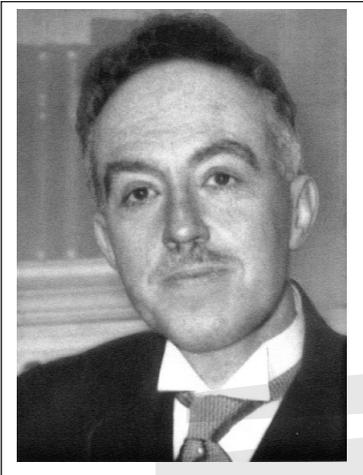


*Figura 9:  
Wolfgang Pauli*

La teoría cuántica representa, para su época, el paso a lo desconocido; mientras que la teoría de la relatividad, se puede decir, es la coronación de la física del siglo XIX.



*Figura 10: Ernst Rutherford*



*Figura 11:  
Louis Victor de Broglie*

Aunque ambas teorías elaboran nuevos conceptos, la teoría cuántica los introduce a la escala microscópica. Se trata de entender los fenómenos a una escala atómica, y se le concede importancia a la simetría de las cosas y a los números enteros en su descripción.

La introducción de todos estos nuevos conceptos en la cuántica dio problemas a los físicos de la vieja generación (de formación previa a 1900). Ellos no podían entender cómo una función de onda podía representar a una molécula (objeto sólido) y a la vez ser una onda. Pero uno de los triunfos de esta teoría fue que las constantes empíricas del siglo XIX se pudieran reducir en número, y muchas de ellas se calcularon a partir de unas pocas constantes fundamentales, i.e., la carga eléctrica  $e$  ( $4.80298 \times 10^{-10}$  esu), la masa del electrón  $m$  ( $0.511$  Mev cm), la constante de Planck  $h$  ( $4.132 \times 10^{-21}$  Mev sec), y la velocidad de la luz  $c$  ( $300.000$  km/s).

Ese logro enorme que es la teoría de la relatividad nos ubica en el tiempo y el espacio; ambos conceptos, que desde Newton habían convivido separadamente, están unificados por la relatividad. Se opera un cambio de paradigma en la mecánica. La velocidad de la luz es la máxima velocidad alcanzable por un objeto; y adiciona que la materia está distribuida uniformemente en el Universo (el Universo es isotrópico). Agrega que todos los objetos

se mueven unos en relación con otros. Y por lo tanto, la mecánica newtoniana queda reducida a describir los fenómenos de velocidad muchísimo menor que la de la luz  $c$ .

Con los descubrimientos del neutrón, el positrón y del decaimiento  $\beta$ , evoluciona la física hacia nuevas escalas de energía (si nos adentramos en la escala atómica los procesos resultan más energéticos). También se llega al reconocimiento de que el núcleo atómico no es una partícula elemental sólida, sino que posee su estructura propia. Toda la partícula que denominamos núcleo atómico se mantiene unida por medio de la fuerza nuclear (interacción fuerte). Por otra parte, ya se conocían en la Naturaleza: la fuerza gravitacional, la fuerza electromagnética y hasta un tercer tipo de fuerza, la interacción débil, en conexión con el neutrino, una partícula muy evasiva por su masa cercana al cero y que Pauli había predicho teóricamente con muchos años de antelación a su descubrimiento experimental.

Por la concepción alcanzada, *mutatis mutandis*, se aplica la analogía de la estructura del átomo al núcleo. Este último, gobernado por el radio nuclear de Bohr y la energía de Rydberg, dando origen al sistema periódico del núcleo, en capas cerradas y mostrando discontinuidades en los primeros estados excitados del núcleo atómico. Sin embargo, obligatoriamente se introducen nuevos números cuánticos y surge la espectroscopía nuclear, que permite describir los niveles de energía de los núcleos atómicos a una escala de energía mayor que la utilizada en la física atómica de Bohr.

Cuando hablamos de energías atómicas, las escalas se miden en electrón-voltios (ev). Si nos adentramos al nivel nuclear, los niveles de energías oscilan entre los cientos de kiloelectrón-voltios (Kev) hasta los millones de electrón-voltios (Mev).

Estas escalas de energía se conocían perfectamente durante la primera mitad del siglo XX. Nuevas escalas surgirán con el devenir del siglo y hacia finales del mismo. Tratar de entender la estructura misma del zoológico de partículas elementales experimentales detectadas nos llevará a energías de los giga-electrón-voltio y más allá.

En cuanto al desarrollo que la física experimental alcanzó en

la segunda mitad de la década de los 20 se debe, en gran parte, a la corroboración de los logros teóricos de la mecánica cuántica. Sin embargo, es notable que a falta de guía teórica, muchos de los descubrimientos se hicieron accidentalmente.



Figura 12:

Chadwick y Yukawa

Así, por ejemplo, algunos experimentos no explicados por los Joliot, hacen suponer a Chadwick la existencia del neutrón, que él después confirmó en su propio experimento. También en el caso de predicción teórica, la confirmación experimental era más o menos accidental, como en el caso del pi- mesón de Yukawa. Esa fue la forma de trabajar en esos tiempos, como el mismo Joliot enseñaba a sus alumnos: se diseña un determinado experimento en busca de algo específico, pero es importante salir del laboratorio para la detección de lo inesperado.

## LAS FUERZAS DE LA NATURALEZA

La búsqueda de causas primarias y de leyes universales de la naturaleza no viviente, es la característica de la física y así la define. Para ello, se basa la física en el ordenamiento de cantidades básicas que le permiten describir cualquier proceso en función de

esas cantidades.

A manera de ejemplo, si se toman el espacio y el tiempo como unidades fundamentales, entonces la relación del diámetro de una partícula elemental con la expansión del universo es de  $1:10^{40}$ , y la correspondiente relación de masas (masa de la partícula con la masa total del Universo) es de  $1:(10^{40})^2$ .

**TABLA 1:**  
**Constituyentes de la materia**

Partícula		Símbolo	Carga	Masa (Gev/c*c)
<b>PRIMERA GENERACIÓN</b>				
QUARKS	up	u	+2/3e	0.03
	down	d	-1/3e	0.06
LEPTONES	electrón	e(-)	-e	0.0005
	neutrino-electrón	$\nu_e$	0	?
<b>SEGUNDA GENERACIÓN</b>				
QUARKS	encantado	c	+2/3e	1.3
	extraño	s	-1/3e	0.14
LEPTONES	muon	$\mu$	-e	0106
	neutrino-muon	$\nu_\mu$	0	?
<b>TERCERA GENERACIÓN</b>				
QUARKS	arriba	t	+2/3e	174
	abajo	b	-1/3e	4.3
LEPTONES	Tau	$\tau$	-e	1.7
	Neutrino-tau	$\nu_\tau$	0	?

**TABLA 2**

**Transmisores de las interacciones**

BOSON DÉBIL	FOTÓN	GLUON	HIGGS
-------------	-------	-------	-------

w 3 g H

Hasta hoy, esta relación, que aparece en los análisis de esta forma, no ha podido ser explicada. Por lo tanto, no se puede decir que la física sea un libro cerrado, sino que aún hay una serie de problemas que esperan soluciones.

En su ordenamiento, la física ha ido agregando nuevos tipos de fuerza de interacción para la descripción de fenómenos físicos. Hasta el descubrimiento del núcleo atómico a principios del siglo XX, los fenómenos físicos eran entendibles como consecuencia de solamente dos tipos de fuerzas: gravitación y electromagnética. En el lenguaje de los físicos, esas fuerzas se llaman ahora **interacciones**.

Con el estudio a escala nuclear y subnuclear se descubrieron dos nuevos tipos de interacción: la fuerte y la débil. Hubo un tiempo en que se hablaba de otro tipo de interacción: la superdébil (fuerza entre los quark) (pero a la fecha no se tiene certeza de que esa quinta fuerza o interacción en la Naturaleza exista). La acción de una fuerza puede ser explicada de dos formas (dualismo).

**TABLA 3**  
**Fuerzas de la Naturaleza o Interacciones**

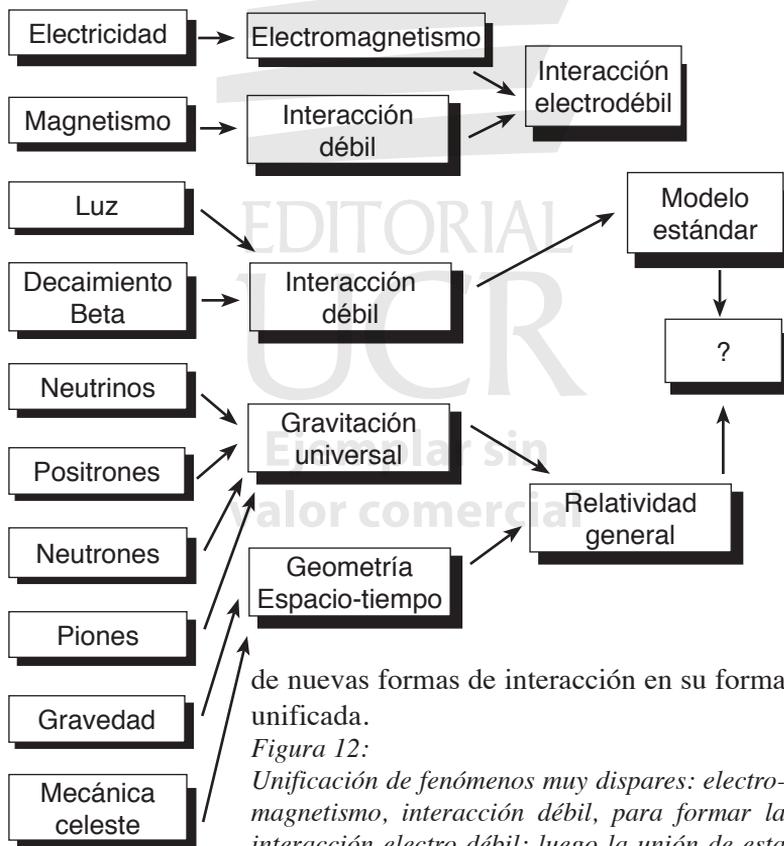
Interacción	Fuerte	E.M.	Débil	Gravitacional
Razón de fuerza	1	10(-2)	10(-14)	10(-40)
Partícula de campo	Pion	Fotón	Bosón intermedio	Gravitón
Alcance	10(-13)	$\infty$	$\ll 10(-13)$	$\infty$

**Primero:** como la acción de un campo de un objeto sobre una partícula de prueba.

**Segundo:** como el resultado de un intercambio continuo de partículas (o partículas de campo) o quanta del campo entre los objetos interactuantes.

Sabemos que el radio de acción de un campo es inversamente proporcional a la masa del quantum del campo. Por ejemplo, el fotón o el gravitón (partícula aún no descubierta) no tienen

masa, así que su radio de acción es infinito y ambas se mueven a la velocidad de la luz. El **bosón** intermedio se ha detectado experimentalmente a pesar de su gran masa. La energía de los aceleradores de hoy no alcanza para probar o improbar la existencia de ciertas partículas campo que rigen la unificación de las fuerzas de la Naturaleza, tal y como se dio en el origen del Universo. En la interacción fuerte está el kaón, que posee también una masa enorme; y en la interacción electromagnética algunos mesones especiales que se podrían utilizar para explicar esas interacciones, pero no es ese el caso. Hay que ir mas allá y postular la existencia



de nuevas formas de interacción en su forma unificada.

Figura 12:

*Unificación de fenómenos muy dispares: electromagnetismo, interacción débil, para formar la interacción electro-débil; luego la unión de esta con la interacción fuerte para formar el modelo estándar de interacción unificada.*

*Como andamiaje básico del estudio de las interac-*

ciones en la física, se utiliza siempre la formulación de la interacción con un metalenguaje de la física-matemática.

## ALGUNOS CAMPOS DE LA FÍSICA

La siguiente es una lista incompleta de las ramas más notorias de la física de hoy. No está basada en el desarrollo cronológico, sino que representa una jerarquía de fundamento.

Astrofísica relativista

Física de partículas elementales

Física nuclear

Física de plasmas

Física atómica

Física de la materia condensada

Óptica, acústica, mecánica, etc

### *Astrofísica relativista*

En los últimos años, se han hecho en astrofísica importantes descubrimientos. Unos de ellos son: el de las estrellas **púlsares**, seguido de las estrellas de **neutrones** y finalmente de los llamados **agujeros negros**. En este punto es de resaltar con una breve reseña los fenómenos físicos en el desarrollo del conocimiento sobre las estrellas.

Después que el material de fusión (hidrógeno - helio) se ha consumido en una estrella, esta comienza una contracción de la materia debido a la fuerza de gravedad. Se puede pasar, durante ese proceso, de una densidad inicial de  $100 \text{ gr/cm}^3$  hasta una de aproximadamente  $100 \text{ toneladas/cm}^3$ . Si la estrella era un poco mayor que el Sol, la evolucionará a ser una **enana blanca** (estrella diminuta pero muy caliente). Y después de quemar todo su material, quedará solamente como un resto de masa fría de gran densidad. Si la estrella era mucho mayor que el Sol, el proceso de contracción continuará debido a la fuerza de la gravedad. Los electrones excitados del plasma que forman la estrella se unen con protones para formar los neutrones de ahí su nombre, por eso

se vuelve importante la acción de la fuerza nuclear. Entonces, la densidad aumenta hasta un  $10^{15}$  gr/cm<sup>3</sup>. El proceso culmina con una estrella **estable de neutrones** (un ejemplo típico se encuentra en la nebulosa del Cangrejo).

*Figura 13:  
VLA (Very Large  
Array) en Socorro,  
Nuevo México,  
o gran ordenamiento  
de antenas de 25 mts  
de diámetro que  
permiten escudriñar  
el Universo en el  
ámbito de las  
ondas de radio.*



Estrellas con masa mucho mayor que el Sol todavía pueden experimentar más compresión hasta sufrir un colapso relativista (el diámetro de la estrella será menor que la métrica de Schwarzschild). De acuerdo con la teoría, este estado es una formación de densidad infinita y de un diámetro infinitamente pequeño (para el caso del Sol sería una esfera de 3 km de diámetro). En dicho estado, y debido a las enormes densidades, la presión ejercida por la gravitación será más fuerte; tanto, que los mismos fotones (partículas sin masa) se ven sometidos a esta fuerza. Es decir, dejan de ser fotones libres, y no pueden escapar de la acción gravitacional del ente que se formó por la contracción, y se regresan o no les es permitido el escape de la estrella. Este estadio del desarrollo es el llamado **agujero negro**; por observación astronómica se ha comprobado su existencia. Hay que recordar que, de acuerdo con la electromecánica cuántica, los fotones, al no poseer masa, no pueden sufrir los efectos de la fuerza gravitacional; pero en estos agujeros, ellos son atrapados gravitacionalmente como si tuvieran masa.

Cuando ocurre el colapso de una estrella, se espera que los gravitones sean dejados en libertad, además de otras partículas elementales (v.g., neutrinos). Para la detección de los gravitones

se han construido aparatos detectores. No obstante, los datos que hoy se tienen llevan a contradicciones.

Otro campo importante de la astrofísica es el estudio de los cuasar (objetos casi estelares): formaciones pequeñas con emisiones muy fuertes de ondas de radio, así como emisiones infrarrojas y de rayos X. Dichos objetos pueden ser puntos en el espacio donde hay colapsos relativistas, o bien son centros de interacción de materia-antimateria. También pueden ser estadios iniciales o finales en la formación de galaxias.

Grandes avances se han dado en la astronomía observacional, gracias al desarrollo de la exploración espacial, con el establecimiento de satélites astronómicos como el IUE (*Internacional Ultraviolet Explorer*), el mismo telescopio Hubble, o bien, telescopios que observan en el ámbito de los rayos X, rayos gamma e infrarrojos. También ha empezado una nueva etapa con el establecimiento de telescopios grandes en varias partes de mundo, los cuales poseen una mejor resolución que el telescopio Hubble. Y se está por entrar en la era de los telescopios supergigantes, con espejos de más de 50 metros de diámetro.

Otro campo que sufrió una expansión importante es el de la radioastronomía, con el establecimiento de grandes series de antenas parabólicas de radio, para observar el Universo en diferentes longitudes de onda de radio. Estos incluyen el *Very Large Array* (VLA) en Socorro, Nuevo Mexico, así como observatorios radioastronómicos en otras latitudes. Considerados en su conjunto, vale decir, agregando mas antenas de otros lugares del mundo, globalmente conforman lo que denominamos un **ordenamiento super-grande de antenas**, que expande nuestro conocimiento del Universo radial a dimensiones y profundidades nunca antes imaginadas.

### *Física de las partículas elementales*

Hasta la década de los 40 se conocían como partículas elementales solo los electrones, el positrón y los fotones, así como el producto del decaimiento de tales partículas, como el neutrón.

También aquellas partículas sin masa: el fotón y el neutrino (teóricamente).

De acuerdo con la teoría Dirac (mecánica cuántica relativista), si se tiene una energía del doble de la equivalencia-masa-energía ( $E = mc^2$ ) se podrían formar siempre una partícula y su correspondiente antipartícula. A consecuencia de este postulado, el positrón (antielectrón) fue descubierto en 1932, y tiene una masa con una energía equivalente de 0.5 Mev (106 ev).

El antiprotón fue descubierto hasta 1955, en Berkeley, con ayuda del acelerador de partículas denominado **Betatrón**, en el que se podía obtener energía de hasta 2000 Mev. En nuestros días, no solamente se tienen antipartículas, sino también anti-átomos, como el antihidrógeno y el antihelio en los aceleradores del Laboratorio Nacional de Fermi, cerca de Chicago, y en el Centro de Investigaciones Nucleares (CERN) de Ginebra, Suiza.

Las partículas elementales se dividen en dos grupos: leptones y hadrones.

Los leptones sufren de interacción débil, como el fotón, el electrón, el neutrino, etc. En los hadrones, además del neutrón y del protón, hay unas 25 partículas llamadas **estables**, con una vida de 1 microsegundo (el  $\Lambda$ -meson= $\text{Pion}$ ), y además de un número grande de partículas **inestables** que pueden decaer en partículas estables.

La búsqueda de un fundamento para explicar el número grande de partículas elementales llevó a la postulación de la hipótesis de los **quarks** (**The eightfold way** de Murray Gellmann y **George Zweig**) a inicios de los años 60 y con la ayuda de la teoría de grupos matemáticos se pueden dividir los hadrones en familias de multipletes: los mesones y los bariones. Con ayuda de los **quark** u (up), d (down), s (strange) y sus antiquarks, se pueden construir todos los hadrones. A manera de ejemplo, la partícula  $\Omega$  fue predicha mediante esta hipótesis, y poco después se llegó a su comprobación experimental. Si es que los **quarks** existen, ellos se encuentran interactuando con una nueva fuerza natural: la llamada **interacción superdébil**; eso se creyó durante algún tiempo, pero después fue descartada dicha interacción. Experimentalmen-

te se han podido comprobar de que los **quarks** existen, aunque la energía con que hoy día se cuenta en los aceleradores de partículas no es lo suficientemente elevada como para construirlas en el laboratorio, vale decir, tener **quarks** libres y construir partículas a partir de ellos. Eso sí, se observan los resultados al romperse el saco que las contiene.

Un mayor paso, aunque no experimentalmente, se ha dado en la construcción de teorías, algunas de ellas especulativas, que promueven una unificación de las cuatro fuerzas fundamentales, tal y como se debió de haber dado en el inicio del Universo, cuando este era demasiado caliente y reducido a dimensiones ínfimas. Es hoy un campo de gran actividad para entender en su globalidad los orígenes del Universo.

Un avance sin precedentes se dio en 1964 cuando se descubrió la denominada **radiación de fondo del Universo**, que es la prueba de que el Universo en su origen tuvo que ser extremadamente caliente y que, al sufrir una Gran Explosión (Big Bang), se empezó a enfriar. La temperatura actual del Universo es de 2.7° Kelvin de temperatura.

### *Física nuclear*

En los últimos 50 años el número de 300 isótopos naturales estables se ha agrandado hasta unos 1600 isótopos artificiales. De muchos se puede predecir que son bastante estables. Para el calcio (conocidos 12) deben ser 39 isótopos; para el uranio (conocidos 14) deben ser 107 y con una radiación de 2 Gev que se disparen al uranio se deben producir unos 6000 núcleos diferentes.

Elementos transuránicos con una carga nuclear  $Z = 105$  (tal vez, hasta  $Z = 107$ ) han sido producidos en Rusia, Alemania y EUA. Hoy tenemos hasta el elemento 110. La tabla periódica de los elementos se ha ido agrandando con esos nuevos elementos. Con el aumento de su carga eléctrica los núcleos atómicos son menos estables y viven menos de  $<1$  ms (una milésima de segundo). Estudios detallados (extrapolados) hacen suponer que

núcleos con carga  $Z= 114, 126$  y posiblemente  $164$  tengan una vida de algunos años de duración. El estudio de núcleos superpesados es aún uno de los puntos fuertes de algunos centros de investigación nuclear.

Una investigación sobre el plomo ha encontrado que el modelo de capas del núcleo no anda muy bien, a causa del hallazgo de nuevos niveles de excitación, que algunas veces hacen acoplarse, no solo pares de neutrón-protón, sino hasta cuartetos; en una forma muy similar como lo hacen los electrones en la superconductividad, es decir **núcleos superconductores**.

Si al núcleo se le suministra más energía, muchos de los nucleones pueden **evaporarse**, de una forma similar como lo harían las moléculas de una gota de agua. Los estudios a menudo muestran, sin embargo, un cambio hacia una nueva estructura. Y la energía que se siga administrando será invertida en la formación de los denominados **sub-cluster** de nucleones. Por ejemplo, un núcleo de silicio excitado con una energía de  $40$  Mev no se **evapora**, sino que forma una especie de molécula nuclear, construida por dos núcleos de carbón que, con un intercambio de una partícula  $\alpha$ , se mantienen unidos.

Otro de los puntos de investigación en física nuclear es la fusión nuclear. Hasta hace pocos años se suponía que con una partícula el núcleo se podía separar de inmediato. El estudio de fusión ha descubierto que el núcleo puede tardar segundos antes de dividirse. Muchos investigadores en diferentes partes del mundo se interesan extraordinariamente por la causa de tal retardo en este proceso. Con cálculos mecánicos cuánticos se encuentra que existen dos barreras de potencial entre el estado metaestable del proceso; lo que ha llevado a la construcción de aceleradores de núcleos, abriendo, por consiguiente nuevos horizontes como: la dinámica nuclear, los núcleos de cluster y las moléculas nucleares cluster.

Otro campo interesante y que ha cobrado actualidad es el relacionado con la construcción de los centros nucleares. Pero es un campo al margen del tema aquí tratado.

Con la ayuda del acelerador LAMPF. (*Los Alamos Meson Physics Facility*) y usando bariones, se pueden construir **hipernú-**

**cleos**, aplicación que posiblemente adquirirá interés en el futuro próximo.

La ciencia médica se ha beneficiado con la construcción de los reactores nucleares, así como aceleradores de alta energía y aceleradores de iones, ya que existe una enorme diversidad de isótopos para aplicación biológica y técnica. Por ejemplo, para el tratamiento médico de glándulas hasta ahora se ha usada el yodo-131. Este isótopo tiene una vida media de 8 días, pero presenta algunos efectos radiativos no deseados. El isótopo yodo-123, que se seguirá usando, tiene una vida de apenas 13 horas y no muestra los efectos colaterales del yodo-131. Naturalmente, estos isótopos se producen solo en aceleradores, y el isótopo yodo-131 es el más caro. En los reactores nucleares puede generarse en grandes cantidades.

### *Física atómica*

Hasta mediados de la década 1930, la física atómica fue el **leitmotiv** de la investigación en esta rama de esta ciencia. Siguió después las décadas en que dejó de ser el punto principal de investigación: es el período en que la física nuclear y subnuclear son la moda en física. En los últimos años, sin embargo, se ha dado un renacimiento de esta rama, particularmente con el desarrollo del láser, así como de los aceleradores de rayos de moléculas, y de los experimentos de colisiones de electrones, iones, átomos o moléculas, donde la física atómica juega un rol central.

Esa nueva instrumentación permite apreciar mejor la estructura de los ligamentos de sistemas de átomos. Lo mismo ha traído un florecimiento de la **físico-química**. En el futuro se necesitará esta física para seguir una reacción química, de modo que la formación de rayos de sustancias que se deseen estudiar, y que interactúen, podrá ser vista en la pantalla del computador y, por medio de este, se manejará la reacción.

Con ayuda de pequeños aceleradores se permite un detallado estudio de los estados de átomos altamente ionizados (*beam-foil-spectroscopy*). Los estados muy ionizados de los átomos se obtie-

nen por medio de los rayos de electrones al atravesar una hoja metálica. En especial, se han desarrollado en la física atómica los métodos más precisos de medida. Por ejemplo, la constante de estructura hiperfina del hidrógeno, de acuerdo con la definición actual del segundo es 1420405751.77 Hertz, y es la constante física más exacta de que se dispone. También ha permitido la construcción de relojes atómicos con una exactitud de 1 segundo en 3000000000 años.

Los avances en la producción de rayos de electrones y de iones han llegado a la construcción de instrumentos como el microscopio electrónico de rastreo y los de gran potencia, capaces de resolver dos puntos que se encuentren separados  $1 \text{ \AA}$  ( $10^{-10}$  cm.). Microscopios con mayor resolución se han construido gracias al efecto cuántico denominado **efecto túnel**, y con técnicas de reconstrucción de imágenes.

Es bien claro que tal avance en esta rama de la física se debe en gran parte al desarrollo del láser. Porque es el láser el que viene a cerrar las brechas en el espectro electromagnético entre las microondas, el infrarrojo, hasta el ultravioleta de vacío. Se han construido láser de rayos X, que permiten realizar holografías de los átomos. Se han desarrollado láser con una pulsación de picosegundos, pero con una potencia de  $10^{12}$  watts. Tal impulso de energía es equivalente a la energía que producen las plantas eléctricas del mundo, todo en un paquete de fotones de 0.3 mm de largo y de un par milímetros de diámetro. Estos láser de gran potencia son capaces de evaporar cualquier material hasta el estado de plasma, en poco tiempo. Mediante pulsos de menor energía será posible seguir los procesos atómicos y químicos con exactitud.

La característica principal de los láser es su coherencia, lo que ha dado pie a un proceso para la formación de imágenes llamado holografía. Como consecuencia, hay un renacimiento de la óptica y, al mismo tiempo, se abrió un campo nuevo de estudio que es la electrónica cuántica.

### *Física de plasmas*

El plasma es el denominado cuarto estado de la materia que consiste en la colección de los átomos ionizados y de electrones y partículas cargadas libres. El Universo está formado en su totalidad por plasma, excepto algún pequeño campo, como son los planetas.

La densidad de partículas puede oscilar desde 1 a 100 por  $\text{cm}^3$  en el gas interestelar, de 108 hasta 1020 por  $\text{cm}^3$  en el laboratorio, y de  $10^{22}$ , hasta  $10^{25}$  por  $\text{cm}^3$  en el centro de las estrellas y explosiones nucleares. Las temperaturas que puede tener un plasma varía desde 1000 grados Celsius (descarga de arcos voltaicos) hasta muchos millones de grados en plasmas cosmológicos en fusión.

En los últimos 40 años se ha dado impulso al estudio del plasma con la finalidad de construir un reactor de fusión nuclear (construir un Sol en el laboratorio y poder manejar la liberación de energía en dicho instrumento), y cuya meta es alcanzar el número de Lawson de 1014. Este número es el producto de la densidad y el tiempo de contacto de las partes de una reacción, a partir de la cual un proceso de fusión empieza a ser crítico, esto es, evolucionar por sí mismo. La meta se puede alcanzar de dos formas diferentes.

**Primero** es tratar de mantener un plasma de poca densidad durante bastante tiempo en contacto.

**Segundo** consiste en obtener un plasma a temperaturas termonucleares altas durante un tiempo corto. Se aplican al plasma temperaturas entre los 40 a 100 millones de grados Kelvin, y presiones de 1 a 10 millones de atmósferas.

El primer camino es el que se ha tratado durante 40 años, mientras que este segundo aplica desde hace pocos años, y está en estrecho contacto con el desarrollo de la tecnología de rayos láser. En estos experimentos se aplican varios rayos láser de gran potencia sobre una perla de hidrógeno sólido hasta llevarla a evaporizarse en un plasma para iniciar la reacción de fusión. Con ambos métodos se está siempre a uno o dos órdenes de magnitud inferiores que el número de Lawson.

En la Unión Soviética se le dio un sitio privilegiado a la obtención de energía basada en la magnetohidrodinámica. El método se basa en la obtención de energía eléctrica directamente de la energía térmica, que se logra de un plasma caliente soplado entre un campo magnético cruzado. Esta forma de ganancia de energía muy posiblemente en el futuro va a ser más importante que la obtenida de reactores de fusión.

La condición para una reacción de fusión es:



Requiere un ion y una temperatura de electrón entre los 10-20 kev, una densidad de  $10^{14}$ - $10^{15}$  partículas por  $\text{cm}^3$ ; un tiempo de contacto de 1 segundo y un campo magnético del orden de 10 - 100 kGauss.

### *Física de la materia condensada*

Esta rama de la física se ocupa del estudio de las propiedades eléctricas, magnéticas y térmicas de la materia condensada, así como de la interacción en todo tipo de radiación.

Dicha materia es la que más abunda en la Tierra. Tiene un grado de orden alto como en los cristales y uno aproximado como en los fluidos.

Uno de los fenómenos interesantes en los cuerpos sólidos es la superconductividad, que es una característica intrínseca de ciertos materiales, cuando se enfrían a temperaturas extremadamente bajas y conducen corriente sin resistencia, ni pérdidas, característica descubierta en 1911 por el físico H. Kammerling Onnes (Premio Nóbel, 1913) y, entendida en 1957 cuando se dio la descripción completa del fenómeno. La superconductividad se ha convertido en un instrumento con aplicaciones a gran escala a futuro, como lo es en el transporte de energía eléctrica. Análoga a la superconductividad esta la propiedad de superfluidez que también es un fenómeno que ocurre a temperaturas cercanas a cero absoluto. Ambos fenómenos: superconductividad y superfluidez, son utilizados en estudio más complejos de la superficie de las estrellas.

Un producto secundario de la superconductividad es el efecto de Josephson (Premio Nóbel, 1973). Cuando se separan dos superconductores por medio de una hoja metálica, y se obtiene un oscilador muy sensible, donde la frecuencia es proporcional al potencial aplicado entre los dos superconductores.

Recordemos que 50 años de desarrollo del transistor dan una visión de lo que en este campo se ha producido: el radio de transistor y, actualmente, los calculadores electrónicos de bolsillo, teléfonos celulares e Internet, son muestra de la aplicación de estos fenómenos físicos para el desarrollo de la tecnología. Otra de las aplicaciones consiste en la obtención de aleaciones de muy alta calidad, gracias a disparar iones sobre la superficie del cuerpo sólido, técnica usada en la producción de circuitos integrados.

Otra aplicación es que con ayuda de rayos neutrónicos de reactores de gran intensidad se estudian los defectos en los cristales, así como los fenómenos de oscilación en esos cristales. De esta forma es como se descubrieron las llamadas ondas de **spin**, que son correlaciones entre el **spin** del núcleo y los átomos vecinos en la red cristalina.

En cuanto al campo de la guarda de información, se han hecho interesantes desarrollos. Se ha logrado obtener células de memoria en forma de pompas reversibles magnéticas (*magnetic bubbles*), de 50  $\mu\text{m}$  de radio en capas de itrium de 100  $\mu\text{m}$ . Se espera lograr una densidad de tales pompas de  $10^5$  por  $\text{cm}^2$  o más, lo que trae aparejada una rebaja de precio en el campo de procesamiento de datos.

## Óptica

Desde los inicios de la óptica clásica, se le dio siempre prioridad al desarrollo de instrumentos, como por ejemplo, el microscopio de luz, así como también a los problemas visuales como la percepción de los colores y a los problemas físicos como la interferencia, difracción, espectroscopia, etc. En los últimos años ha habido un desvío de esos canales, para pasar a primer plano

a la interacción entre la luz y la materia. Aquí corresponden los campos de la holografía, fotoemisión, contadores directos de fotones y el láser.

Técnicas nuevas permiten una mejor construcción de elementos ópticos y aparatos. Así se puede, con la ayuda de los computadores, obtener lentes de una alta calidad. Los métodos de la transformación de Fourier permiten mejorar la relación entre señal y ruido, mejorando su resolución en los espectrógrafos en un factor de 2.

La óptica de las capas delgadas ha ganado enorme importancia en los últimos años. Ya sea para la obtención de filtros de interferencia o capas de reflexión protectora, al igual que la producción de células solares que eventualmente, en sistemas de kilómetros cuadrados de superficie, podrán ser montados para obtener energía eléctrica.

### Acústica

Primero considérese la siguiente tabla 4 de frecuencias:

<b>Tabla 4</b>	
<b>Ámbito de frecuencias</b>	
<b>Campos acústicos</b>	<b>Frecuencia (Hertz)</b>
Infrasonido	$10^{-4}$ hasta 20
Sonido audible	20 hasta $2 \cdot 10^4$
Ultrasonido	$2 \cdot 10^{-4}$ hasta $5 \cdot 10^8$
Hipersonido	$5 \cdot 10^8$ hasta $10^{12}$
Oscilaciones térmicas	$10^{12}$ hasta $10^{14}$

Cada uno de estos campos de estudio es un tema de la investigación moderna de la acústica. La holografía acústica se encuentra ya en plena marcha. Gracias a la penetración que tiene, gana importancia en la geofísica y ya le hace la competencia a la técnica de rayos X en la medicina.

Hay en otros rubros como la acústica no lineal, las ondas de choque, líquidos en campos acústicos, etc., tienen aplicación variada. Los instrumentos de infrasonido se han desarrollado rápido, y son excelentes detectores en experimentos de gran dimensión como es el estudio de los movimientos de los océanos, o bien, en medidas de sonidos sobre varios miles de kilómetros.

### *Física de las corrientes*

Mientras el estudio de corrientes laminares ordenadas de líquidos se domina, las corrientes turbulentas aún son un problema no resuelto de la física.

Si tan solo fueran corrientes totalmente caóticas, se podrían manejar con un método estadístico, pero ellas poseen un cierto grado de orden. El estudio de las turbulencias tiene importancia para la comprensión de la circulación sanguínea, así como la producción de ruidos de turbinas, o los procesos meteorológicos y cosmológicos.

## **CONCLUSIÓN**

El panorama que despliega la física a inicios del año 2004, como se desprende de lo que arriba se dijo, es sumamente variado, complejo y cambiante. Hay aspectos que no han incluidos en este trabajo, pero que permiten forjarse una visión somera de los desarrollos durante el siglo XX en esta ciencia tan fundamental para el entendimiento de nuestra sociedad globalizada, por lo que su influencia aún se siente a inicios de siglo XXI.

No fue la meta de este estudio proporcionar una explicación profunda sobre cada campo o rama de la Física, pero le quedaría a los autores como una meta lograda si es que al romper con ciertas barreras intelectuales entre los físicos, o en general, entre los científicos, estos se interesaran en incluir en sus diálogos, entre pares,

temas que van mas allá de lo meramente particular de su ámbito, y pasar a una esfera más diáfana en conexión con los otros campos.

Hay numerosos indicadores de que las ciencias en general no están acabadas o cerradas como para continuar laborando en ellas y seguir haciendo aportes. Los problemas que surgen a diario eso nos lo indica, y lo único que podemos esperar es que la juventud que nos sigue, tengan y laboren en la consecución de mejores metas, con una mejor información y formación sobre los campos aledaños a su ciencia, para lograr incentivar a los que a ellos los seguirán. Si eso fuera así, se habría logrado una de las metas propuesta por la Conferencia de Florencia, desde hace más de 50 años. Que básicamente dice, conozcámonos mejor, veamos que hacen nuestros vecinos y tendremos una mejor ciencia en general.

## BIBLIOGRAFÍA

- Brownley Allan. *Neue Wegweiser in der Physik*, Umschau und Wissenschaft und Technik, 15 April 1974.
- Hermann Armin, Battenberg Ernst. *Grosse Physiker*, Verlag Stuttgart, 1960.
- Feld Bernard T. *Models of Elementary Particles*, Blaisdell Publishing Company, 1969.
- The Growth Points of Physics*, Bulletin of Physics. 1969. (Todo el Boletín)
- The Edge of Physics*, Scientific American, special edition, Vol.13 N.1, 2003. (Toda la revista) Fermi News, Vol.26, N.24, 2003.

La licencia de este libro se ha otorgado a su comprador legal.

Valoramos su opinión.  
Por favor [comente esta obra](#).



Adquiera más de nuestros  
libros digitales en la  
[Librería UCR virtual](#).

LIBRERÍA  
UCR  
  
VIRTUAL

¿Qué ocurrió en el siglo XX? Es una pregunta que se quiere atender en este proyecto de Cuadernos de Historia de la Cultura. Fue un siglo con grandes impactos a nivel mundial, regional y nacional. Las disciplinas académicas experimentaron una serie de cambios en sus métodos de estudio. Junto a los éxitos y logros que llenan de satisfacción se encuentran también fracasos y retos que estremecen las conciencias.

Este número se dedica a los primeros balances del siglo bajo la guía de tres historiadores, un microbiólogo, un físico y un médico que recorren esos cien años y nos presentan sus inquietudes. Con este punto de partida, el Consejo Editorial busca proponer temas de reflexión que contribuyan a la construcción de un mundo en el que todos quepan: un mundo en donde la justicia, la paz y la solidaridad sean el faro que guíe; un mundo que renuncie a la furia de la guerra y a la exclusión; un mundo que acepte la validez de la lucha global contra la pobreza y la enfermedad.

La serie de balances pretende abarcar el mayor número de disciplinas y por ello otros números de esta colección abarcarán, desde una óptica humanística, la senda recorrida en el siglo XX para que —con ilusión, optimismo y valentía—, se pueda planificar el siglo XXI que se esperaba pacífico pero que, desafortunadamente, unos pocos mediocres se han encargado de mantenerlo marcado por la violencia, el egoísmo y la desconfianza.



**Editorial de  
la Universidad  
de Costa Rica**

ISBN 9977-67-904-5



9 789977 679044