

# El legado científico de Louis Pasteur

RAUL ZEMELMAN\*

La ciencia ha sido, sin duda, uno de los motores que con mayor fuerza ha impulsado el desarrollo de la humanidad, especialmente en los dos últimos siglos. Aun cuando el avance tecnológico típico de nuestros días, basado en el avance científico, es una característica de las últimas décadas del siglo XX, fue la acumulación del conocimiento producido hasta entonces lo que permitió evolucionar rápidamente hacia el aprovechamiento práctico de los grandes descubrimientos. Este fue un proceso acelerado que ofrece ahora un conjunto de beneficios para mejorar nuestras condiciones de vida, con la posibilidad de continuar dando solución a los numerosos problemas que aún la aquejan.

En este proceso son muchos los personajes que se han destacado, en muy diferentes especialidades científicas. Algunos de ellos llevaron una vida extremadamente sacrificada, debiendo, muchas veces, luchar contra la ignorancia de la sociedad de la época en sus intentos por llevar adelante las ideas innovadoras. Así, la ciencia, en un sendero recorrido con velocidad en constante aceleración, desarrolló su camino sobrepasando una y otra vez, en un viaje sin término, las verdades consideradas como definitivas. Es que esta búsqueda de "la verdad", la verdad científica, no reconoce término. El hombre científico no se detiene en su afán de descifrar el conocimiento que oculta la naturaleza.

Lamentablemente, la sociedad no siempre ha sido receptiva frente a los logros obtenidos por la ciencia. La incomprensión, basada en la ignorancia, ha sido el factor que con mayor tenacidad ha obsta-

\*Profesor de Bacteriología, Departamento de Microbiología, Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad de Concepción

culizado el avance del conocimiento. Favorablemente, en la actualidad, el incremento de la educación de los pueblos y por tanto de su cultura, el notable desarrollo de las comunicaciones, como así también la pública difusión de la positiva experiencia que la humanidad ha recibido de la ciencia, son factores que han contribuido a la mayor receptividad y conciencia que se tiene acerca de la importancia de esta actividad. Se ha terminado por reconocer que la ciencia es una notable fuerza colaboradora para la solución de los numerosos problemas que afectan al hombre y así también se ha incrementado la confianza que la humanidad tiene depositada en los hombres de ciencia. En nuestros días, miramos hacia atrás y reconocemos las virtudes de los científicos pretéritos. Agradecemos su gestión creadora y recordamos sus nombres y sus obras. Es un deber ineludible que facilita el camino que queda por recorrer.

Como en todas las actividades humanas, nuestros semejantes difieren de acuerdo a su disposición para colaborar con la humanidad. Hay, por fortuna, quienes desinteresadamente entregan su vida para dejar algo positivo como obra personal. Entre estos últimos, emerge la egregia figura de Louis Pasteur, padre de la microbiología, la bioquímica y la inmunología. En la persona de Louis Pasteur se ha conjugado una extraordinaria genialidad deductiva con una personalidad extraordinariamente metódica y, además, con una fortaleza y decisión suficientes para enfrentar a los oponentes científicos y llevar adelante sus avanzadas posturas.

Durante el año 1995 se conmemora en muchos países la obra de este hombre genial: Louis Pasteur. Un hombre que, más que representar el avance notable en un conjunto de disciplinas científicas, ofreció al mundo un mensaje de esperanza en las cualidades humanas, en las posibilidades que el intelecto puede ofrecer cuando se emplea con razonamiento lógico, con objetivo positivo, con sentimiento de profunda humanidad y con la firmeza que requiere el sentido de cambio, tan difícil de lograr en el conglomerado social. Por esta razón, pienso que no estamos, en realidad, recordando la muerte de este eminente científico. Por el contrario, me parece que recordamos su extraordinaria vida, que terminó en 1895, dedicada al bien de la humanidad.

Desearía, a través de estas líneas y aprovechando la coyuntura que nos ofrece el recuerdo de este centenario, efectuar un intento por delinear la personalidad científica de Louis Pasteur y la proyección de su obra. Desearía, también, expresar algunas ideas acerca de las principales características del mundo cultural contemporáneo que existía en Europa al nacimiento y durante la producción científica de Pasteur. Tal vez este enfoque pueda contribuir a que se comprenda un poco mejor el sentido y el fundamento de la obra del genial sabio. Pero, Pasteur no puede estudiarse solamente desde un punto de vista estrictamente científico. Este hombre, además de representar uno de los más altos valores científicos del mundo moderno, se ha constituido en un ejemplo de tenacidad y fortaleza para llevar adelante sus ideas y para convencer a los incrédulos con respecto de sus hallazgos. Su vida fue, además de un conjunto de aportes significativos a la biología, la microbiología y la medicina, una batalla constante frente a la incredulidad y el escepticismo científico, contra la autoridad otorgada por el prestigio de connotados personajes científicos, rectores inapelables del conocimiento de la época. Felizmente, la lógica del razonamiento de Pasteur, junto a una secuencia impecable de experimentos de una singular simpleza y a la fuerza arrolladora de sus argumentaciones, pudo imponerse frente a los representantes de las teorías biológicas en boga, ya firmemente establecidas a mediados del siglo XIX. Hubo también fervientes admiradores de Pasteur, que comprendieron muy pronto la enorme trascendencia de los hallazgos del gran microbiólogo, especialmente en sus aplicaciones a la salud humana, entre ellos el escocés Joseph Lister, creador de los procesos de asepsia y desinfección en cirugía, quien, en efecto, ha dejado testimonio escrito de su reconocimiento a la obra experimental de Pasteur, y de su personal visión acerca de las potenciales aplicaciones de sus hallazgos.

Pero, veamos cuando llegó Pasteur a este mundo: cuando Napoleón había recién muerto en 1821, en la isla de Santa Helena; cuando varios países sudamericanos, entre ellos Chile, habían obtenido su independencia; cuando Ampère en Francia y Faraday en Inglaterra hacían sus respectivos anuncios sobre la electricidad aplicada a la transmisión telegráfica y a la potencial utilización de motores eléctricos,

entonces, Pasteur vio la luz en la ciudad de Dôle, en el este de Francia, en el año 1822, en un hogar relativamente modesto. Su padre, oficial del ejército napoleónico, retirado ya de la carrera de las armas y dedicado a la curtiembre, tuvo el pensamiento y el deseo de que su hijo Louis llegar a ser profesor, una profesión de elevado rango social en aquellos años.

Resulta interesante analizar las características del mundo en el que Pasteur vio la luz. Desde un punto de vista filosófico, en esos años, Europa vivía los finales del idealismo de Hegel y comenzaba a recibir el hálito refrescante del positivismo de Auguste Comte. Este llevó la mirada y el pensamiento del hombre culto hacia la realidad tangible de su existencia, hacia la historia de la humanidad, en un enfrentamiento con la naturaleza en su totalidad. Se aleja la metafísica, con su postura subjetiva y el hombre observa e intenta comprender la realidad concreta de las cosas y los fenómenos naturales. En esta época, de una influencia positivista que se proyecta por casi todo el siglo XIX, el hombre desea, al decir de Julián Marías, atenerse a las cosas, a la realidad misma, apartada de las construcciones mentales. En ese período, la sociedad empieza a comprender que las ciencias particulares, como la biología y la física, son "modos ejemplares" del conocimiento. Dos características fundamentales emergían en este nuevo mundo cultural: su inclinación científica y su espíritu democrático. La Ciencia se transforma en una actividad de gran importancia y algunas de sus derivaciones, con aplicaciones industriales, empiezan a transformar el mundo. Así por ejemplo, en la primera mitad del siglo XIX, que también se encuentra pletórico de un romanticismo que deja atrás los esquemas rígidos de la creatividad clásica, destacan personajes como Goethe, Byron, Scott, Chateaubriand, Lamartine, Victor Hugo entre los literatos; Delacroix en la pintura; Beethoven, Berlioz, Chopin, Schumann, Rossini y Mendelsohn, entre otros, con sus nuevas formas musicales. En la actividad científica de este período, que reconoce, finalmente, a la especialización como indispensable, destacan Laplace, Ampère, Faraday, Gay Lussac, Liebig, Lamarck, Darwin, y tantos más. Este nuevo panorama cultural, extraordinario en todos sus aspectos, debe haber influido en la mente de los nuevos científicos, entre ellos de Pasteur y otros como Claude Bernard,

padre de la fisiología, que nace en Francia unos pocos años antes que aquél. Es, entonces, una época propicia para el estudio experimental que intenta el mejor conocimiento de los grandes enigmas biológicos. Desde un punto de vista político, Francia, regida por Luis XVIII y luego por Carlos X, empieza a vivir un período de inestabilidad, a consecuencias del serio antagonismo entre los seguidores de la monarquía derrotada en los días de julio de 1789, y los revolucionarios con las nuevas ideas sociales que Francia lanzó al mundo con la Revolución. Entretanto, en el Nuevo Mundo, Estados Unidos ejerce una notable y enérgica influencia en la gestación de las más jóvenes naciones. Eran, entonces, días de inquietud intelectual, de exacerbados nacionalismos y de polémicas y enfrentamientos frente a las estructuras sociales. Una época propicia para las nuevas ideas y para la aventura del pensamiento.

No existen informes en el sentido de que Pasteur fuera un alumno particularmente brillante desde niño. Guiado por el deseo paterno, ingresó a la Escuela Normal Superior de París en el año 1842, ocupando el lugar decimosexto en el entonces altamente competitivo proceso de selección de este establecimiento. Curiosamente, Pasteur rechazó el cupo que, con justicia, había ganado para ingresar a este prestigioso establecimiento de educación superior. Un año después postuló nuevamente a este concurso de ingreso, ahora mejor preparado según él, ocupando entonces el quinto lugar. Pasteur aceptó esta oportunidad que se le presentaba e inició sus estudios en la Escuela Normal, dedicada entonces a la formación de profesores en las especialidades de Arte, Literatura y Ciencias. Entre ellas, Pasteur eligió sin vacilar la de Ciencias, de donde egreso en 1848. Con cierta rapidez, fue nombrado en la Universidad de Estrasburgo, donde inició sus labores como Profesor de Química. En este lugar conoció a Marie Laurent, con quien se casó, llegando a ser esta dama no solamente su compañera de toda la vida sino, además, un valor familiar indispensable para el ambiente del que se rodeó Pasteur en sus meditaciones y escritos. Este ambiente, precisamente, le permitió dedicarse sin problemas a la especialidad de Química, en la cual inició sus incursiones en el campo de las propiedades de los cristales.

Interesante es destacar que, en 1868, a la edad de 46 años,

Pasteur sufrió una parálisis izquierda que lo dejó semiinválido durante los 27 años siguientes. Esto significa que gran parte de la vida de este gran hombre, como así también la mayoría de sus exitosos experimentos, los realizó dificultosamente, aquejado por una situación física deficiente. Este grave accidente en su salud no deterioró, sin embargo, su personalidad científica. Al hallazgo novedoso, Pasteur agregó siempre, sin duda, una tremenda fortaleza para enfrentar a sus pares opuestos, en duelos públicos de los cuales siempre resultó victorioso.

Fue a partir de los primeros estudios químicos relacionados con los cristales, cuando Pasteur derivó hacia los problemas bioquímicos, luego a los microbiológicos y, por último, a los de salud pública, que lo hicieron famoso.

Un hecho poco conocido de la vida de Pasteur es su afición a la pintura. A la edad de trece años había realizado ya retratos de sus padres, con una calidad digna de elogios de parte de los entendidos. Al respecto, el artista finlandés Albert Edelfeldt opinaba en 1887, que, de no haber llegado a ser científico, Pasteur habría sido un pintor de categoría. Al parecer, la decisión de Pasteur de dedicar su vida a la investigación científica le hizo dejar la pintura para que ésta no interfiriera con su trabajo científico.

Louis Pasteur fue, en primer y último término, un químico. Esto es, un científico enfrentado con la estructura misma de la materia. Una de las notables orientaciones del trabajo de Pasteur fue, precisamente, el haber derivado desde la estructura química hacia la intimidad del fenómeno vital, intentando comprenderlo a partir de las leyes que regían las moléculas. A esta especialidad, la química de los cristales, dedicó Pasteur sus mejores esfuerzos, y lamentaba en sus últimos días el no haber sido capaz de adelantar en sus estudios al respecto.

En el homenaje que se hizo a Pasteur en la conmemoración de los 100 años del descubrimiento de la fermentación láctica, en Estados Unidos, su nieto, Louis Pasteur Valery Rodôtéste, brevemente recordaba una situación que se produjo al entrar él, niño aún, en su casa anexa al Instituto Pasteur; a la pieza donde su abuelo, el gran científico, leía y pensaba.

Absorto en sus pensamientos, éste dirigió la mirada al niño, que

se mantenía quieto, respetando su silencio, y exclamó "¡Ah, mi niño, cómo quisiera tener una nueva vida delante de mí! ¡Con cuánta alegría iniciaría nuevamente mis estudios acerca de los cristales!" ¡Qué fuerza y qué energía vital brotan de las palabras del gran sabio, al reconocerse impotente, ya anciano, de proseguir sus estudios!

Pasteur se formó en el rígido y formal ambiente de la ciencia francesa, dejando de lado posibilidades de ascenso en su bienestar económico con el único objeto de tener el tiempo suficiente para el estudio y la experimentación. Aunque el ambiente de la práctica científica de nuestros días se aleja, en mucho, del que prevalecía en la Francia de 1850, los valores fundamentales de esta actividad son permanentes. Los postulados de René Descartes, que rigen aún hoy en las metodologías científicas, se hicieron carne en el trabajo de Pasteur, estimulando su curiosidad por comprender el mundo vertiginoso de las interacciones químicas y poniendo en duda crítica las posturas de variados y famosos químicos de la época.

Para comprender la real magnitud del aporte de Pasteur, me permito distinguir tres niveles en cuanto al rol que ha jugado la ciencia en la humanidad:

Primero, la creación del conocimiento como satisfacción de aquella curiosidad atávica que adorna el espíritu humano y que llevó a Ortega y Gasset a expresar, entre otras, dos importantes lucubraciones: que el hombre siempre desea saber, desea conocer, para "saber a qué atenerse", tratando de obtener seguridad en su existencia. Luego, que el hombre desarrolla su historia en la tierra pensando, siempre pensando. Pero que es necesario que éste continúe su actividad pensante, sin detenerse, porque de hacerlo, queda intelectualmente muerto. Es este desarrollo dialéctico el que permite, por un lado, continuar el avance intelectual de la humanidad, y por otro, sobreponerse a los errores que puedan encerrar los pensamientos pretéritos. Esta curiosidad natural se encuentra expresada por Pablo Neruda en el poema XXI de su *Libro de las Preguntas*. Allí, el vate pregunta: "¿A quién le puedo preguntar qué vine a hacer en este mundo?".

En segundo lugar, la ciencia ha encontrado, en su evolución ascendente, un indudable sentido de aplicación, de practicabilidad,

orientado a la satisfacción del bienestar del hombre. Pero, ¿sabe, en realidad, el investigador, que está trabajando por el bien de la humanidad?, ¿tiene conciencia de su gran responsabilidad en la guía de la sociedad hacia un mundo más venturoso? La tecnología es, a todas luces, fruto del descubrimiento científico. Manifestación del ingenio humano para llevar a la práctica el conocimiento creado. Nuestra vida actual recibe numerosos beneficios de parte de la investigación científica, traducida en aplicaciones que satisfacen más y más necesidades y ofrecen la posibilidad de una vida más llevadera y prolongada. Es tanto el éxito de la ciencia en este sentido, que la sociedad parece haber adquirido un cierto dogmatismo frente a sus avances. Todo lo esperamos de la ciencia y nada nos parece ya difícil de alcanzar. Es tal nuestra confianza en la práctica científica, que no osamos, siquiera, meditar ni menos aún, dudar acerca del verdadero destino hacia el cual nos lleva el avance del conocimiento.

La ciencia, por último, trasciende sus propios límites, aventurando el pensamiento humano hacia los permanentes enigmas del universo. El conocimiento de la intimidad de la materia y de los fenómenos vitales, en toda su excelencia creadora y perfectamente regulada, lleva al científico de experiencia a elevar su conciencia y su pensamiento metafísico hacia el origen y futuro del Universo. ¿Qué somos? ¿De dónde venimos? ¿Cuál es nuestro destino como humanidad? Cada vez más, adelante en el conocimiento; cada vez, mayores obstáculos opone la naturaleza a nuestro entendimiento, mostrando sólo las huellas del fenómeno. Nuevos enigmas aparecen, ocultando la verdad final que buscamos afanosamente. Al parecer, es la filosofía la que es requerida por la Ciencia para otorgarle un sentido a la existencia misma de las cosas y los fenómenos y, por ello, del hombre mismo, en el camino que le queda por recorrer en este vertiginoso infinito evolutivo.

En su eterno cielo, el viaje del hombre por el conocimiento científico se inició en la antigua Grecia. En aquellos lejanos años, la ciencia estaba en comunión con la filosofía. Era, entonces la Ciencia, un intento por encontrar la verdad, más que una necesidad para mejorar nuestra existencia. Más tarde, viene la avalancha de cosas por conocer y de cosas conocidas... hasta que se nos aparece el para qué sirve esto



y aquello, con lo cual se inicia la tecnología, que avanza actualmente a pasos agigantados. La verdad es que el científico, en su actividad, si bien explica el proceso y la estructura precisa del objeto o fenómeno estudiado, no es capaz de encajar su verdad relativa en la totalidad globalizante del universo. ¿Cómo explicar, por ejemplo, la maravillosa y perfecta regulación de la transcripción genética en su eterno desenlace biológico que, como lecha, se dirige al futuro de los descendientes?, ¿cómo entender su capacidad de adaptación a los mundos tan diferentes que nos rodean?, ¿cómo explicar el sentido de la intrincada regulación de los fenómenos metabólicos?, ¿cuáles son, por fin, aquellas leyes verdaderas que regulan el todo del Universo?

Pasteur, para decirlo en una sola palabra, tocó todos estos niveles de la investigación científica al menos en parte. Se inició como químico, estudiando los elementos estructurales de la materia misma. Se maravilló con la estructura cristalográfica de los compuestos químicos que lo encandilaban con sus brillos y destellos mágicos, mientras los observaba largamente ensimismado en sus simetrías e iridiscencias. Sus primeros hallazgos estuvieron relacionados con la actividad óptica de los cristales de ácido tartárico, llegando a establecer la relación entre su estructura isomérica y la capacidad de desviar la luz polarizada en uno u otro sentido. Estas conclusiones, fantásticas para la época, no solamente explicaron los fenómenos estudiados, sino que permitieron establecer la dependencia de la composición química que poseen algunos fenómenos. Una relación que permitió a Pasteur intuir una generalización más amplia en la naturaleza, en un esquema de pensamiento que aplicó con posterioridad al fenómeno microbiológico. En segundo término, estuvo siempre interesado en realizar investigaciones que pudieran encontrar soluciones a los problemas del entorno. Fue por esa razón que se inmiscuyó en los procesos fermentativos del vino y la cerveza, que estudió las enfermedades de los gusanos de seda de Francia, que intentó solucionar los terribles estragos del carbunco bacteriano y de la hidrofobia. Pero también dirigió su pensamiento hacia los principios fundamentales del fenómeno vital. Con su personal postura de químico trató de explicar los procesos biológicos, basándose en la existencia de la asimetría de su estructura. Este concepto partía

de la observación de que los microorganismos, puestos en contacto con dos moléculas idénticas pero opuestas en simetría, metabolizaban siempre una sola de ellas, demostrando así una especificidad bioquímica fundamental. La lección de estas disquisiciones es que el maestro dirigió su mirada al cielo, como aquellos antiguos griegos, buscando una explicación para la interrogante clásica de por qué existe todo en vez de nada.

### *PASTEUR Y LA ENSEÑANZA*

Ciencia y enseñanza marchan entrelazadas firmemente. Esto es válido aún para las instituciones que no realizan procesos de educación formales y sistemáticos. La ciencia, por ser conocimiento creado, debe necesariamente ser transmitida horizontal y verticalmente. Lo primero, por la intensa interacción entre investigadores que marchan adelante apoyados en el conocimiento mutuo de sus experiencias, en un proceso simbiótico y de nutrición cultural recíproco que acelera la obtención del conocimiento. Lo segundo, porque las generaciones de investigadores se suceden, unas a otras, superando serena y paulatinamente los aportes de sus antecesores, enmendando los rumbos erróneos, estableciendo nuevas hipótesis y, en fin, arribando a nuevas verdades relativas. Bien sabemos esto quienes hemos dedicado nuestro quehacer a la Universidad, institución de enseñanza y creación de cultura por naturaleza y definición. Así también, para Pasteur, la enseñanza fue uno de sus privilegiados afanes. Fue maestro en el Liceo de Dijon, Profesor de la Universidad de Estrasburgo, de la Universidad de Lille, de la Escuela Normal Superior de París, de la Sorbona y, por último, del Instituto Pasteur, que fuera construido en su homenaje en 1889, a seis años de su fallecimiento. Un vasto número de discípulos y colegas aprendieron de su talento para proseguir su obra, entre ellos Emile Roux, conocido microbiólogo investigador de importantes enfermedades infecciosas, como la difteria. Pasteur tenía una especial idea acerca de la enseñanza. Cuando leemos hoy día sus palabras, escritas a mediados del siglo pasado, se nos aparece majestuosa la figura del maestro preocupado del saber de sus alumnos y con un concepto que en la actualidad puede considerarse

innovador frente a la enseñanza. Según relata su nieto Luis Pasteur Vallery Rodôtéste en la reunión antes mencionada y que se efectuó en 1957 en Nueva York para conmemorar los 100 años de la "Memoire sur la fermentation apèlèe lactique", su abuelo, Louis Pasteur "enseñaba a través de la experiencia, en clases meticulosamente preparadas, diciendo que es necesario explicar al entendimiento más que a la memoria. Pasteur esperaba que los estudiantes comprendieran lo explicado y pensarán al respecto, considerando que éste era el método correcto para enseñar". Una sabia lección, tal vez, para enfatizar la necesidad de orientar nuestra actual enseñanza intentando movilizar la potencialidad creativa de nuestros alumnos.

### *PASTEUR Y LA CIENCIA*

La Ciencia fue para Pasteur su mayor desvelo, después de su familia. Le dedicó su vida entera, convencido de que engrandecer del conocimiento era estrictamente fundamental para el desarrollo de la humanidad. Su pensamiento sobre la Ciencia se encuentra inscrito en las tapas de revistas publicadas por la American Society for Microbiology de los Estados Unidos, en las cuales se lee:

"Es característica de la ciencia y el progreso el que ellos continuamente abran nuevos campos ante nuestra visión". Existen muchas intervenciones de Pasteur que reafirman su especial postura frente a la Ciencia. Así por ejemplo, Desiderio Papp al citar parte del discurso que pronunció Pasteur el año de celebración de su jubileo, en el Instituto Pasteur, reproduce las siguientes palabras:

"Jóvenes, ¡Oh jóvenes!, confiad en estos métodos seguros y poderosos de los cuales no conocemos todavía más que sus primeros secretos. Y todos, cualquiera que sea vuestra carrera, no os dejéis tomar por el escepticismo denigrante y estéril, no os dejéis desalentar por la tristeza de ciertas horas que suele atravesar una nación. Vivid en la paz serena de los laboratorios y las bibliotecas. Decíos primeramente: ¿Qué he hecho por mi instrucción? Luego, a medida que vayáis avanzando: ¿Qué he hecho por mi país?, hasta el momento en que tendréis, tal vez,

la inmensa felicidad de pensar que habéis contribuido en algo al progreso y al bien de la humanidad"...

La importancia que Pasteur le atribuya a la Ciencia en el desarrollo de su país queda expresada cuando, desencantado por la derrota francesa frente a los prusianos en 1871, tuvo ocasión de dirigirse a sus compatriotas, expresando que su derrota se debía, en parte, al olvido por ayudar a la Ciencia. Ese mismo año imprimió un panfleto en el cual se lamentaba profundamente por las circunstancias materiales que impedían a la juventud francesa dedicar sus energías a la investigación académica, a diferencia de la situación opuesta que exhibían los laboratorios alemanes. El eminente microbiólogo norteamericano René Dubos, uno de sus importantes biógrafos, ha dicho que muchas de las afirmaciones que a este respecto hiciera Pasteur en su época tienen un profundo significado actual en nuestros días, y citaba las palabras del maestro acerca de "la estrecha correlación que existe entre el desarrollo de la ciencia teórica y la vida de las naciones". Pasteur, en su convencimiento de la importancia de la ciencia, llegó a decir que "en el presente estado de la civilización moderna, el cultivo de las más elevadas formas de la ciencia es, tal vez, más necesario para el estado moral de una nación que su prosperidad material". En esos días, también, Pasteur pronunció este trágico llamado en relación al apoyo que requiere la ciencia para su desarrollo:

"¡ Oh mi país! Tú que has poseído por tanto tiempo el cetro del pensamiento, ¿por qué olvidaste tus más nobles creaciones?".

### *PASTEUR Y LA GENERACION ESPONTANEA*

Hasta el siglo XIX, la generación de organismos vivientes a partir de la materia en descomposición era un fenómeno aceptado por todos. A pesar de que en cierto modo algunos científicos habían puesto en duda este dogma biológico, entre ellos Spallanzani, la certidumbre de la generación espontánea se mantuvo. Tal vez existió falta de fuerza en la argumentación de los investigadores para convencer a la comunidad científica de la época de que, por ejemplo, aplicando procesos de

esterilización por calor, esta generación de vida por sí sola no se producía. Cuando Pasteur se introdujo en esta temática, desarrolló una metodología experimental que permitiera demostrar o rechazar la hipótesis de la generación espontánea y, entonces, la polémica terminó abruptamente. A la claridad de los resultados obtenidos en sus experimentos se agregó su extraordinaria energía y agresividad expositiva, todo lo cual permitió inhibir por completo a sus opositores científicos. En un modelo de extraordinaria simpleza, de la cual hacen gala los hombres geniales, Pasteur demostró que impidiendo la entrada de aire contaminado a un medio de cultivo también estéril, no se generaba desarrollo microorgánico alguno, pudiendo el sustrato permanecer estéril por muy largo tiempo. Con este y otros demostrativos experimentos que indicaban claramente que la alteración de la materia orgánica era consecuencia de microorganismos, quedó zanjada la cuestión de la generación espontánea. Sin embargo, para comprender la fortaleza argumentativa de Pasteur, es interesante leer su exposición al respecto, efectuada en el año 1864 en la Sorbona: "He tomado mi gota de agua de la inmensidad de la creación, y la he tomado llena de los elementos apropiados para el desarrollo de organismos microscópicos. Y he esperado, observado y ¡he dudado!, rogando que recomenzara ante mí el hermoso espectáculo de la creación primera. Pero, está sordo\*, sordo, ya que estos experimentos comenzaron varios años atrás; está sordo porque lo he mantenido protegido de la única cosa que el hombre no sabe como crear, de los organismos que flotan en el aire, protegido de la Vida, porque Vida es un germen y un germen es Vida. Nunca más la teoría de la generación espontánea se recuperará del soplo mortal de este simple experimento".

Puede observarse en estas palabras, tanto la certeza de la evidencia experimental obtenida como la convicción del investigador acerca de la razón de sus argumentos.

\*se refiere a los tubos en los cuales desarrolló el experimento.

## *PASTEUR Y LA BIOQUIMICA*

Uno de los estudios de mayor interés práctico realizado por Pasteur, en los inicios de su actividad científica, fue el relativo al proceso de las fermentaciones láctica y alcohólica. Esta última, estudiada por el científico en un intento por colaborar a la solución de los problemas en la producción del vino, tan famoso en diversas regiones de Francia, le permitió establecer una importante relación entre los microorganismos que observaba al microscopio y la naturaleza de los compuestos químicos producidos como consecuencia de sus procesos fisiológicos. Estas observaciones lo llevaron a pensar que las células microorgánicas jugaban un rol importante en el proceso degradativo, con lo cual se dio paso a la bioquímica, la ciencia que relaciona las estructuras y reacciones químicas con los fenómenos biológicos. Al mismo tiempo, estableció que los microorganismos, al dividirse y llevar adelante su metabolismo, eran responsables de una alteración del medio ambiente, en uno u otro sentido, según el tipo de microorganismo presente y, lo que es muy importante, según el medio ambiente bajo el cual actuaban, según el "terreno" en el cual se mantenían las bacterias. Ya en esa época, Pasteur empezó a intuir que los microorganismos, en este caso bacterias y hongos, podrían llevar adelante dichas alteraciones en cualquier medio ambiente que ofreciera condiciones adecuadas para su subsistencia y desarrollo.

Puede encontrarse aquí, entonces, el origen de la teoría del origen microbiano de la enfermedad. Así, por fin, los extraños animalículos visualizados originalmente por Van Leeuwenhoek demostraban su rol ecológico potencial en la naturaleza.

## *PASTEUR Y LA ENFERMEDAD INFECCIOSA*

Debemos recordar aquí, nuevamente, que Pasteur no era médico sino químico. Tal vez por esta razón, sus primeras aventuras en el campo de las enfermedades infecciosas fueron de tipo veterinario y no humano. Esto no significa que Pasteur no meditara acerca del origen microbiano de las infecciones del hombre. Sin embargo, al parecer tuvo

buen cuidado de no participar en polémicas directas a este respecto. Así, dedicó su tiempo al estudio de las enfermedades de los gusanos de la seda, de la erisipela bovina y, de una zoonosis que ocasionaba estragos en los ganados franceses: el carbunco. Pudo establecer a través de sus meticulosos estudios el origen parasitario de la enfermedad de los gusanos y el origen microbiano de las otras dos enfermedades. Frente a la última, el carbunco, el hallazgo de los bacilos esporulados del *Bacillus anthracis*, fue un éxito sin precedentes que permitió posteriormente el control epidemiológico de la enfermedad. Ahora, los animalículos de Van Leeuwenhoek demostraban, no solamente su capacidad para alterar el medio ambiente en el cual se desarrollaban, sino también propiedades agresivas, frente al organismo humano. Pasteur se dedicó también a estudiar algunos métodos sencillos para controlar la multiplicación de estos microorganismos agresivos, llegando a establecer los procedimientos de esterilización por calor y desarrollando la eliminación parcial de bacterias en alimentos como la leche, proceso conocido actualmente como "pasteurización". En cuanto al carbunco bacteriano ya mencionado, otro aspecto le otorga una tremenda importancia a las investigaciones de Pasteur. En efecto, la observación de que la mortalidad de ganado se repetía generalmente en las mismas áreas geográficas, en forma cíclica, hizo suponer al gran microbiólogo que los agentes etiológicos de la enfermedad se encontraban en el medio ambiente. Dado que estas bacterias sobreviven permanentemente en el suelo gracias a la enorme resistencia que les otorga su espora, dichas áreas se mantuvieron como fuente potencial de la enfermedad y fueron conocidas desde entonces como los "campos malditos de Pasteur". Este conocimiento derivó, por lo tanto, en nuevas metodologías para eliminar los cadáveres de los animales muertos por la enfermedad y, a la larga, en medidas epidemiológicas que permitían, al menos, controlar la producción de nuevos brotes epizooticos de carbunco.

## PASTEUR Y LA INMUNOLOGIA

Una de las consecuencias de mayor trascendencia que ha tenido el trabajo genial de Pasteur ha sido el nacimiento de la inmunología y, con ello, de las diferentes disciplinas relacionadas o derivadas de ella, entre otras de la inmuoquímica.

Como ocurre con frecuencia en el campo de los descubrimientos científicos, el azar jugó en este caso un rol decisivo. Pasteur, estudiando la producción del cólera de las aves, tuvo que interrumpir su trabajo durante el verano, dejando sus cultivos bacterianos en el laboratorio. A su regreso pudo comprobar, sorprendido, que la inoculación con estos microorganismos era absolutamente ineficaz en cuanto a su virulencia sobre las aves inoculadas. El microbiólogo aisló nuevamente un cultivo salvaje y, por lo tanto, virulento, que inoculó en aves sin tratamiento. Sin embargo, Pasteur, con imaginación y, tal vez, con una hipótesis reservada, inoculó este cultivo también en las aves que habían resistido el cultivo envejecido e ineficaz. El resultado fue inesperado: las aves inoculadas con el cultivo virulento pero sin inoculación previa, sucumbieron rápidamente, en tanto aquellas que previamente habían recibido el cultivo envejecido se mantenían incólumes. Ante la sorpresa de sus colaboradores, Pasteur permaneció en silencio y luego exclamó, como si hubiese tenido una visión: "¿No ven Uds. que estos animales han sido *vacunados*?". Esta terminología deriva de conocimientos anteriores con respecto de una enfermedad bovina denominada vacuna. Entre los agricultores del siglo XVIII era conocido el hecho de que quienes habían sufrido esta enfermedad eran refractarios (inmunes) a la viruela. Esto llevó a Edward Jenner a pensar que, tal vez, las personas podrían protegerse de la viruela recibiendo previamente material de vacunos infectados con la "vacuna". Pasteur, conocedor de los trabajos de Jenner, inmediatamente asoció la protección de sus aves con la inmunidad. De esta experiencia derivó la práctica de la inmunización masiva, desarrollada por Pasteur para el carbunco bacteriano, para el cólera y, lo que es de mayor importancia, para la hidrofobia. Esta enfermedad, transmitida por la mordedura de animales infectados, es absolutamente mortal en ausencia de inmunización, como es sabido.



Siguiendo los resultados de la experiencia con el cólera de las aves, Pasteur logró eliminar la virulencia del tejido nervioso de animales enfermos mediante envejecimiento del tejido infectado en presencia de hidróxido de potasio. Posteriormente pudo comprobar que la inoculación de este tejido, en dosis sucesivas, era capaz de proteger frente a la rabia. El dramatismo de este procedimiento quedó de manifiesto cuando, el 6 de julio de 1885, un joven de la zona de Alsacia fue llevado hasta su laboratorio después de haber sido mordido por un animal rabioso. Estaba condenado a muerte. Pasteur, después de meditar el caso y con mucha reticencia, procedió al día siguiente a inocular al joven con su tejido envejecido. Joseph Meister, que así se llamaba este famoso joven, sobrevivió a la enfermedad, comprobando la eficacia de la inmunización. Tiempo después, Joseph Meister llegó a ser portero del Instituto Pasteur y, cincuenta y cinco años después, en 1940, durante la ocupación de Francia por los alemanes, conminado a abrir la cripta de Pasteur por los soldados, prefirió suicidarse.

Extremadamente difícil sería continuar el hilo que ha llevado a la inmunología hasta nuestros días. Baste decir que esta especialidad, nacida al abrigo de la microbiología, es hoy una disciplina respetable e independiente, que ha aportado extraordinarios logros a la salud humana a través de las numerosas vacunas preparadas con microorganismos vivos atenuados, inactivados, o aun con sustancias químicas producidas por ellos. Asimismo, llegando a conocer la intimidad del fenómeno inmunológico, se ha logrado aportar en otros campos de la salud, como son la protección inmunológica en individuos con trasplantes, los intentos por estimular la inmunidad en individuos inmunocomprometidos, etc. En nuestros días, precisamente, el síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA), una infección típicamente agresiva sobre los mecanismos inmunitarios, pone en jaque a la ciencia, después de más de 100 años de la iniciación de estos procedimientos de inmunización. ¡Con qué interés entraría Pasteur hoy día en la batalla contra esta terrible enfermedad!

## PASTEUR Y EL USO DE LOS MICROORGANISMOS EN BIEN DE LA HUMANIDAD

Pasteur visualizó la posibilidad de emplear los microorganismos en procesos positivos. Fue así como postuló el uso de filtrados de cultivos bacterianos en el tratamiento de enfermedades, hecho raras veces mencionado. Esta sugerencia derivó de su observación del fenómeno de antagonismo bacteriano, o antibiosis. Este fenómeno, que consiste en que un cultivo bacteriano inhibe el crecimiento de otro por la actividad de una sustancia química liberada por el microorganismo, es el punto de partida de los antibióticos conocidos actualmente. Así, Pasteur describió por vez primera la inhibición del bacilo del carbunco por filtrados de cultivos de *Pseudomonas aeruginosa*. Posteriormente, el descubrimiento de la penicilina llevó al olvido estas experiencias tan interesantes. Además de lo anterior, y como se delineó en cuanto a la inmunización, Pasteur postuló en forma teórica que, si bien la célula bacteriana era requerida para producir inmunización con efecto protector, bien podría una sustancia liberada por ella, o bien una parte de la célula, servir con el mismo propósito. Algunas vacunas se preparan hoy con productos bacterianos que participan en la enfermedad y se estudian procedimientos de tipo genético para utilizar como vacunas estructuras o subestructuras de microorganismos. Por último, cabe mencionar el hecho de que Pasteur también postuló que los microorganismos podrían tener utilidad en la producción de productos químicos útiles. Así como el ácido cítrico y la penicilina pueden obtenerse gracias al metabolismo de hongos, así también el empleo de procedimientos de ingeniería genética lleva hoy día a producir eficientemente compuestos complejos como insulina y la hormona de crecimiento, aprovechando el metabolismo de algunas bacterias manejadas con procedimientos de ingeniería genética.

## *¿QUE HABRIA HECHO PASTEUR EN NUESTROS DIAS?*

La microbiología actual habría sido de suyo atractiva para Pasteur. El, que visualizó la existencia de seres más pequeños que las bacterias y las levaduras, se encontraría hoy día con extraños microorganismos que poseen las más diversas estructuras y funciones. Existen miles de especies bacterianas descritas en los más diversos ambientes. Existen numerosos virus con variadas formas y propiedades. Existen muchos hongos, cuya fisiología se aplica a procesos industriales de gran importancia. Existen nuevos... ¿microorganismos?, como los priones, elementos proteicos que, aparentemente, no contienen -¡oh sorpresa!- ningún mensaje genético. ¿Es, entonces, cierto que el mensaje puede estar presente en moléculas ajenas al ácido desoxirribonucleico? ¿Qué haría Pasteur en este actual mundo microbiano?.

La microbiología ha dado origen a la genética molecular, en la cual el investigador se enfrenta a las sílabas y letras que conforman el mensaje de la naturaleza. El microbiólogo no solamente lee este mensaje, sino que es capaz de recortarlo, trasladarlo, hacerlo vivo en otro microorganismo. La biología molecular y celular se han entrelazado para entrometerse en el origen de la vida, tocando no solamente los cuerpos humanos, sino también sus sentimientos más profundos, como son los del amor, la paternidad y la maternidad. La ciencia ha llegado a un nuevo límite, equivalente a ese horizonte terrorífico del océano en la tierra plana de nuestros antiguos navegantes; límite este que requiere de una mano espiritual o filosófica que impregne de un significado ético nuestra vorágine metodológica. Se reproducen genes, se reproducen embriones; se fabrican genes, ¿se fabricarán embriones? ¿Qué destino nos espera cuando se hagan funcionar genes fabricados al arbitrio del hombre? ¿No estaríamos de acuerdo en que es indispensable el apoyo de la espiritualidad, de la ética más elevada, para orientar el trabajo del hombre? ¿Qué haría Pasteur en nuestros días, frente a esta gigantesca problemática biológica?.

No cabe duda de que se introduciría de lleno en el trabajo de laboratorio. Pero tampoco cabe duda de que, con sus grises ojos impla-

cables y con su voz enérgica, llamaría a usar el conocimiento solamente en bien de la humanidad.

En el año del jubileo de Pasteur, en el discurso de homenaje realizado en el Instituto Pasteur, se recordaron también los siguientes conceptos del sabio:

"Dos leyes opuestas parecen enfrentarse en nuestros días. Una, ley de sangre y de muerte, siempre imaginando nuevos métodos de destrucción y forzando a las naciones a estar constantemente preparadas para la batalla. La otra, una ley de paz, de trabajo y salud, siempre desarrollando nuevos métodos para liberar al hombre de los azotes que lo acosan".

### *PASTEUR Y FRANCIA EN LA CULTURA OCCIDENTAL*

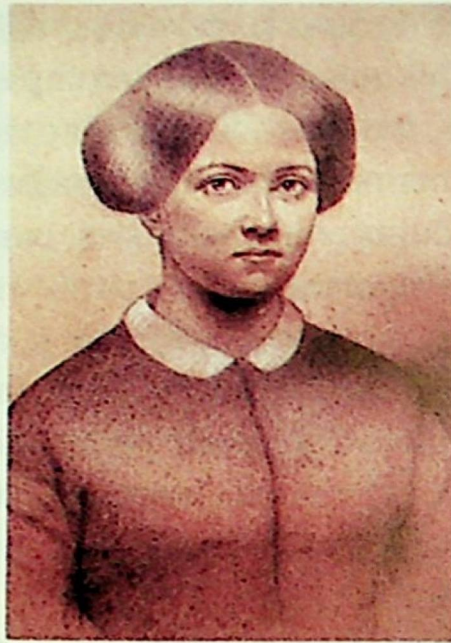
Pasteur es, sin duda, uno de los más importantes exponentes del aporte de Francia a la humanidad. Este país, a través de su historia ha contribuido, con sus hombres, al avance de la sociedad en los más diversos aspectos. Sin embargo, en una ocasión como ésta, de recuerdo y homenaje a Pasteur, me parece que puede ser destacada entre sus aportes más fundamentales la contribución de Francia a la cultura y a la libertad de los pueblos. La literatura y la ciencia ofrecen abundantes nombres que han sido señeros en el desarrollo de la humanidad. Pasteur se encuentra entre ellos, siendo, tal vez, uno de sus más preclaros ejemplos para las generaciones posteriores. La libertad, sin embargo, como ya he dicho, marcha de la mano de la ciencia, esencialmente, la libertad del pensamiento, que otorga las alas necesarias para que el fruto del intelecto, la imaginación, la decisión y la fortaleza de los grandes hombres pueda encontrar el cauce indispensable para arribar a buen destino. La ciencia, como el arte, es el fruto de la libertad del hombre para crear, para manifestar su potencialidad intelectual, para entregar su mensaje. Y Francia, a través de su historia, ha contribuido en este aspecto, a dar las luces de la libertad al mundo occidental. Nos trajo el siglo de las luces, con el advenimiento del racionalismo, esto es, la fe del hombre en su intelecto. Nos trajo la buena nueva de la igualdad social y de las estructuras que los países deben darse para regular sus

diversas actividades. Nos trajo la novedad del existencialismo, del impresionismo, de grandes músicos que irrumpieron con sus melodías clásicas, de hombres y mujeres de ciencia; en fin, nos trajo una explosión de los sentimientos más profundos, éticos y estéticos, desbocados, libres de ataduras convencionales, para ofrecer a la sociedad un mensaje nuevo de oportunidades para crear, para tratar de comprender, de entender lo que nos rodea y, también, entender al hombre en su más profunda dignidad. Pasteur, sin saberlo quizás, ofreció todo este mundo nuevo desde la perspectiva de la ciencia.

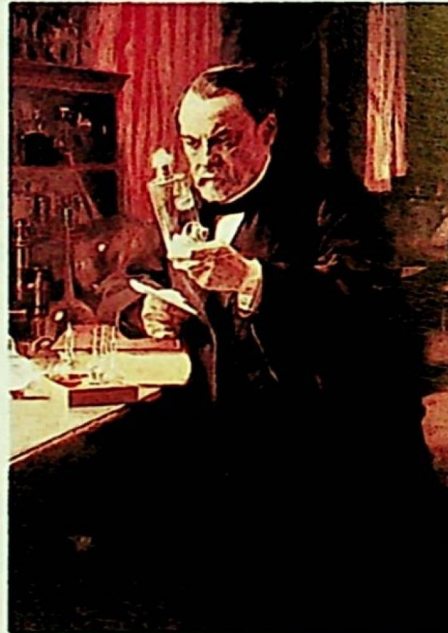
Hoy día, emocionados y con recogimiento, los microbiólogos chilenos recordamos al maestro y dedicamos nuestro esfuerzo en su homenaje.

Me permito recordar, finalmente, las palabras expresadas en Nueva York por Hervé Alphand, Embajador de Francia en los Estados Unidos, con motivo de la celebración de los 100 años de la fermentación microbiana.

"Permitidme, señores, terminar expresando un deseo: quiera que la fe y la tenacidad que caracterizaron la vida de Pasteur, continúen hoy día inspirando a las generaciones del presente. Y quiera que esta esperanza haga verdad que la ciencia y la paz puedan triunfar sobre la ignorancia y la guerra y que los pueblos del mundo concuerden en que no debemos destruir, sino que, entre todos, debemos construir".



**Fig.1. Marie Laurent, hija del rector de la Universidad de Estrasburgo, con quien Pasteur contrajera matrimonio en 1853.**



**Fig.2. Pasteur trabajando en su laboratorio (1886).**

**\*Todas las fotografías de este artículo y los siguientes sobre Pasteur corresponden a reproducciones del panel de exhibición del Museo Pasteur de París, por gentileza de Alianza Francesa de Concepción.**



Fig.3. Jubileo de Pasteur en La Sorbona, en diciembre de 1992. Pasteur, del brazo de Sadi Carnot, Presidente de la República Francesa, espera el abrazo de Joseph Lister.

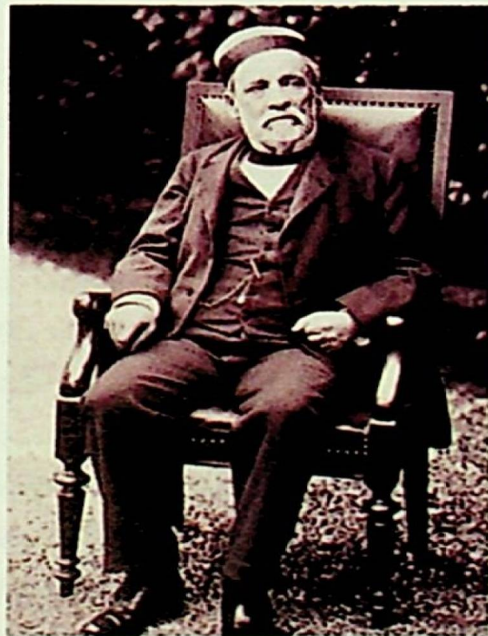


Fig.4. Pasteur en los jardines del Instituto, en París (1895) (última fotografía conocida).