

Los orígenes de la revolución científica

Angel Ruíz Zuñiga*

Se suele señalar al siglo XVII como aquel que transformó el pensamiento científico, o más aún, que creó el modelo moderno de la ciencia occidental. En efecto, el siglo XVII fue testigo de grandes figuras intelectuales como Galileo, Harvey, Descartes, Fermat, Newton. La física newtoniana engendró un paradigma que hace menos de cien años todavía regía sobre el conocimiento de las leyes de la naturaleza; incluso hoy todavía, en muchas de sus partes, se enseña en colegios y universidades. La llamada Revolución Científica representó una ruptura cualitativa con el pensamiento anterior (griego y medieval), y la apertura de una nueva época. Para algunos, como Butterfield "...se debería colocar -junto con el éxodo de los antiguos o la conquista de los grandes imperios de Alejandro Magno y de la Antigua Roma- entre las aventuras épicas que han hecho de la raza humana lo que es hoy".¹ Se trató de un episodio único que sólo pudo desarrollarse en la conjunción de condiciones especiales que vivió Europa entonces.

La Revolución Científica no debe considerarse como un proceso separado de otras revoluciones de la época, sino precisamente como uno de los aspectos, al igual que el Renacimiento y la Reforma protestante, las revoluciones políticas del XVII y XVIII y la Revolución Industrial del XVIII, que integrados en un movimiento general engendraron la sociedad moderna. Más aún, se



226. Gauguin: *Tahitiano bebiendo de una cascada*. Hacia 1893. Acuarela, 31,7 x 21,6 cm. Chicago, The Art Institute (donación de Mrs. Emily Crane Chadbourne). Estudios para la pintura *Pape mae*. Agua inmensa, inspirada por la fotografía.

*Escuela de Matemáticas, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

trató de procesos, aunque autónomos, interdependientes, en los que las influencias y relaciones recíprocas fueron en sí partes constitutivas de su devenir.

La Revolución Científica del siglo XVII debe entenderse en realidad como parte de la revolución intelectual que arrancó en el Renacimiento y la Reforma y que constituyó la base a partir de la cual se configura la nueva sociedad. Es decir, las actitudes e ideas cognitivas, políticas y morales que se fueron generando desde el siglo XV, al mismo tiempo que expresaban la realidad de ciertas condiciones (intereses y voluntades) políticas y económicas (en ciertas partes de Europa), fueron factor activo (y en gran medida determinante) de la edificación de un nuevo orden social.

Para entender mejor su decurso conviene recordar la evolución europea previa.

Un poco de historia europea

Después de la caída definitiva de Roma en el siglo V d.c. se engendró una extraordinaria dispersión social y política en Europa Occidental.² la estructura económico-política pasó a ser agraria, con la intervención multifacética de bandas armadas, y con la Iglesia Católica como albacea y guardián religioso de las ideas, la educación y la moral; todo dentro de un contexto de decadencia con relación a la sociedad mediterránea que había florecido siglos atrás bajo el influjo cultural y político griego. Hasta el siglo XII la sociedad europea había logrado construir una colección de jerarquías y reglas sociales diversas, asociadas a veces bajo el término "feudalismo", o simplemente en otras ocasiones de "Edad Media" (hasta el siglo XV). De hecho, se trataba más bien de una colección de realidades sociales no idénticas. Las ciudades y regiones pegadas al Mediterráneo, con altas y bajas, lograron mantener ciertos contac-

tos comerciales y culturales en medio de un mar controlado política, económica, militar y culturalmente por el Imperio Islámico, que desde los siglos VII y VIII había iniciado su expansión. No sucedía así con el resto de Europa. Incluso, las reglas sociales en los pocos centros urbanos no correspondían desde un principio a las predominantes en el campo. Culturalmente, en toda la época no existió relación con el pensamiento clásico griego, distanciamiento que de hecho se había desarrollado desde el mismo Imperio Romano. La diversidad social, económica, técnica y política de la Europa medieval era un factor que sin duda jugaría su papel en la evolución histórica siguiente.

El influjo árabe empezó a tener influencia especial a partir del siglo XII, lo que representó en primer lugar un contacto con la antigüedad griega. Los islámicos habían traducido al árabe buena parte de los textos clásicos griegos, así como también habían obtenido importantes resultados en matemáticas, medicina, química y otros conocimientos y técnicas. España y Portugal (por su ubicación geográfica) fueron el mejor puente para esta transmisión; también Italia.

Los dirigentes espirituales cristianos europeos tomaron de las fuentes clásicas especialmente algunas secciones del pensamiento de Aristóteles; su lógica, metafísica y partes de su física, y buscaron una asimilación del cristianismo con las mismas (o viceversa). En un proceso de tres siglos XII-XV se construyó y asentó una visión del mundo, la sociedad del hombre y la cultura, partiendo de la filosofía aristotélica y recreando la doctrina cristiana en una nueva dimensión. La configuración de los nuevos contenidos teóricos así como la forma de su explicación y defensa se llamó Escolástica. Tomás de Aquino fue la figura más relevante en la constitución teórica de esta fundición del dogma revelado con la filosofía pagana.

La base ideológico-religiosa de la época Medieval

La doctrina cristiana se convirtió en el cemento ideológico de las instituciones políticas y culturales de la época. El cuestionamiento de sus "verdades" no era inocuo, representaba o podía representar grietas en el edificio socio-político y afectar la estabilidad política o social. La Inquisición, encargada de velar por la defensa del dogma, velaba de hecho por la preservación del ordenamiento político. Se trataba entonces de una red social caracterizada por el autoritarismo, la represión del pensamiento libre; una jerarquización y rigidez en el devenir social, político e ideológico.

Sin embargo, no todo era homogéneo. Se sucedieron voces discordantes, grupos y luego órdenes religiosos que criticaban la administración de la Iglesia (aunque hasta el siglo XV si no fueron "integradas" fueron reprimidas). Las pestes del siglo XIV y las guerras provocaron un debilitamiento de la red europea controlada por la Iglesia, abriendo las posibilidades para importantes transformaciones políticas, ideológicas y sociales.

Desde el punto de vista de la evolución técnica es necesario señalar que hubo un mejoramiento de las técnicas durante la última parte del medioevo; se construyeron algunas "máquinas"; técnicas agrícolas mejoraron y el uso de otras se extendió. Sin embargo, en esta época, Europa estaba francamente retrasada en sus técnicas con respecto, por ejemplo, a las civilizaciones orientales como China (con un régimen estable dirigido por una casta no hereditaria, una filosofía de "acomodación práctica" y en donde también la innovación técnica era controlada, y suprimida si amenazaba la estabilidad política y social). Algunos de los inventos chinos serían transmitidos a Europa: la imprenta, la pólvora y la brújula magnética. Sin embargo, su introducción se haría en condicio-

nes socio-políticas diferentes a las chinas o a las predominantes en la Europa medieval, jugando un papel muy diferente.

Se suele señalar una diferenciación entre los tipos de resultados técnicos medievales: mientras en la región italiana estaban más vinculadas al comercio, en el norte y el noreste lo estaban a la agricultura. En ese sentido las condiciones económicas más dinámicas jugarían un papel más activo en la evolución técnica.

El Renacimiento y la Reforma

El Renacimiento arrancó, primero, en la misma Italia, donde las ciudades más grandes como Venecia, Génova, Florencia y Milán se hicieron independientes política y económicamente, y se llegó a un "equilibrio" político y militar con Roma. Cuando el Renacimiento se extendió por Europa las cosas no fueron tan apacibles. En Alemania y otros países se buscó la independencia religiosa y nacional, sustrato de la Reforma luterana;

además se sucedieron importantes luchas sociales: la Guerra de los Campesinos de 1525 a 1526 y la rebelión de los anabaptistas de Münster, en 1533 a 1535. La Reforma se propagó a Gran Bretaña, los Países Bajos y Francia, donde adoptó la forma del calvinismo. En todos los casos el control y autoridad de la Iglesia se debilitó estableciendo cambios en la estructura de los bloques sociales de poder y generando una dinámica política especialmente fructífera para la innovación cultural.

El Renacimiento y la Reforma fueron aspectos de un mismo movimiento, y sin duda en ellos jugaron un papel importante la extensión del comercio y ciertos excedentes económicos obtenidos de mejoras técnicas; pero no es posible afirmar que ambos aspectos estaban determinados por o tenían como única finalidad el establecimiento de la economía mercantil. En ocasiones cierto determinismo economicista simplifica artificialmente la realidad de los procesos históricos, enajenados de una comprensión

más totalizante de los mismos. Aunque existían voluntades e intereses económicos de por medio, que terminaron siendo afectados, el Renacimiento y la Reforma fueron movimientos esencialmente políticos, ideológicos y culturales.

El Renacimiento significa un encuentro con la Antigüedad Clásica, pero no con la lógica formal y la especulación abstracta que encontraron los escolásticos en Aristóteles, sino en la vinculación y preocupación por la naturaleza, en su vitalismo, en su humanismo. Todo lo anterior fue cuestionado abriendo un periodo extraordinario en la producción intelectual:

a) Las artes técnicas se colocaron en una posición especial (debilitándose, en cierta medida, la separación, abismal en el medievo, de la tradición erudita y la artesanal).

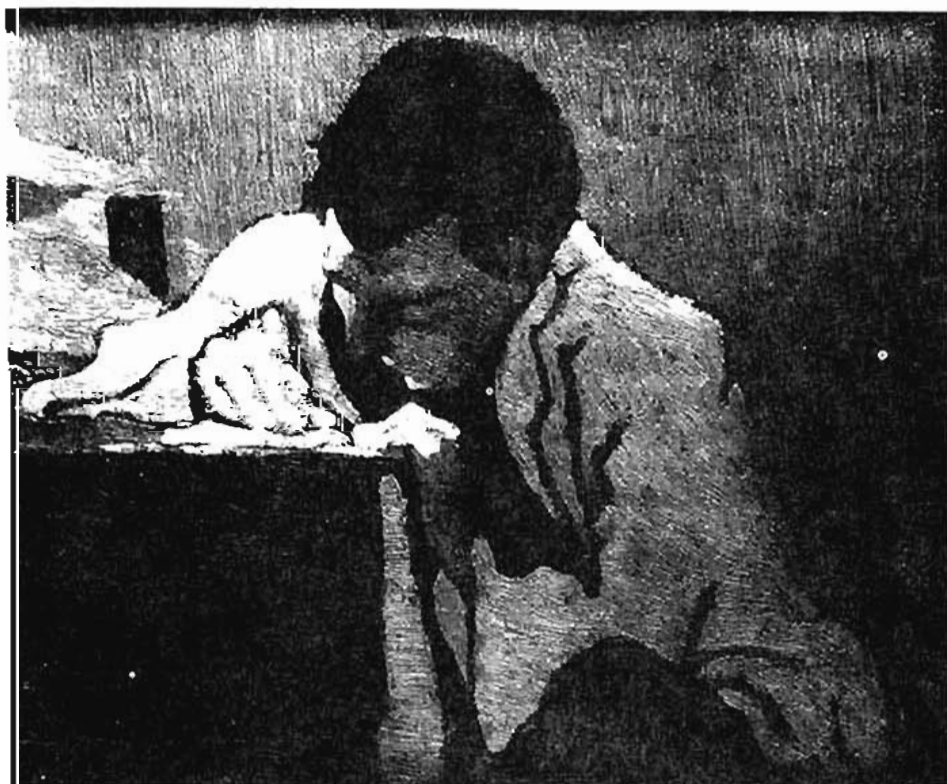
b) Las artes plásticas adquirieron una relevancia importante que contribuiría a una indagación y a importantes conocimientos sobre la naturaleza y el hombre (los estudios de perspectiva, los anatómicos, la descripción realista de la naturaleza, etc.). En esta época los artistas son patrocinados y respetados.

c) Las matemáticas son desarrolladas sutilmente, producto del "input" ofrecido por la transmisión árabe y los requerimientos de las técnicas, las artes plásticas, y de las guerras.

d) En la filosofía se generó un extraordinario cambio de actitud frente a la Escolástica y el pensamiento "organicista" aristotélico. Por ejemplo, la teleología de las "causas finales" va a ser sustituida por un énfasis en la búsqueda de las causas "eficiente" y "material", es decir, por los agentes del "cómo" y no del "para qué" (Telesio 1509-1588).

Con el Renacimiento italiano (y su proyección posterior a otras regiones) se inició una auténtica revolución cultural y una nueva actitud ante la sociedad, el hombre y la naturaleza; se inició la revolución científica y la revolución intelectual moderna.³

205. Vuillard: *Retrato de Lugné-Poe*, 1891. 21,6 x 25,4 cm. Rochester, Nueva York. Memorial Art Gallery of the University of Rochester



Una rebelión cultural

La teoría heliocéntrica de Copérnico (que aunque era polaco había estudiado en el principal centro intelectual italiano, la Universidad de Padua) se rebeló contra la cosmología aristotélica y ptolemaica, debidamente cristianizada por los escolásticos. Retomó la idea antigua (pitagóricos VI ac, Aristarco III ac) de que los planetas giran alrededor del Sol,⁴ y escribió su *De revolutionibus orbium coelestium* que salió a la luz el año de su misma muerte, 1543. Aunque desde joven se inclinaba por el heliocentrismo, no se atrevió a hacer una defensa fuerte de sus ideas. El libro salió a la luz, incluso, gracias a los oficios de Osiander, con un prólogo que decía que las ideas vertidas eran meras hipótesis matemáticas y no verdaderas posiciones de Copérnico. En el mismo año, Vesalio publicaba su *De humani corporis fabrica*, la primera descripción anatómica completa del cuerpo humano. En 1537 Vesalio fundó la Escuela de Medicina de la Universidad de Padua, cuya tradición empataría directamente años después con el mismo William Harvey.

Muchas importantes obras más fueron publicadas: la *Pyrotechnica* de Biraguccio (1480-1539), *De re metallica* de Agrícola (1490-1555), o más tarde libros como los de Gesner (1516-1565), Rondelet (1507-1566) y Belón (1517-1564). La proyección de las ideas y actitudes nuevas fue multiplicada por el uso de la imprenta.

Con relación a la técnica renacentista: muchos avances se dieron en el terreno de la minería, la química, y la metalurgia, pero conviene señalar la extraordinaria importancia de aquellas técnicas relacionadas con la navegación. Con el descubrimiento de América y nuevas rutas comerciales al Asia (lo que benefició inicialmente a España y Portugal) la navegación pasa a ocupar un lugar decisivo en toda esta época. No es totalmente extraño que fuese en la astronomía donde

se abrieran los primeros fuegos por la nueva ciencia. Es precisamente en torno a la navegación que se puede decir se dio la primera aplicación de la ciencia.⁵

Es tal vez conveniente en este punto reflexionar sobre el por qué del Renacimiento y el proceso que este inició. Si bien es posible recurrir al expediente de la conjunción de muchos factores o al determinismo mecánico de unos sobre los otros, en la explicación es necesario llamar la atención sobre un aspecto esencial: la libertad del pensamiento en la Italia renacentista. Se podría intentar explicar este Renacimiento a partir del florecimiento económico de las ciudades italianas, y este a su vez por el avance de una nueva organización productiva, e incluso a partir de mejores técnicas. Este "motor" económico empujaría hacia condiciones políticas para su mejor desarrollo, y las nuevas ideas de la época serían "reflejo" de los procesos de esa base económica, en busca de su evolución progresiva. Sin embargo, el asunto parece más complejo. Sin duda intervino la existencia de factores económicos, pero también los contactos culturales con otras civilizaciones y recursos, el debilitamiento de la autoridad y el poder de la Iglesia después del XIV, la voluntad política y la actitud de los bloques sociales de poder (vervigracia, el patrocinio de las artes plásticas no era reflejo de las necesidades económicas). Por encima de las interrelaciones de todos estos elementos, sin ciertas condiciones de libertad para la crítica y para la innovación en las ideas y en las técnicas, no se puede entender bien el Renacimiento. Es cierto que no se pasó del régimen jerarquizado, autoritario y doctrinario medieval a la democracia (más bien se pasó en el XVI y XVII a las monarquías absolutas), pero, con altibajos y con asedio permanente por las fuerzas del viejo orden, nuevas condiciones políticas se crearon que permitieron la empresa y la libertad individuales. El caso de ciu-

dades como Padua es muy significativo: se suele considerar un modelo de la ciudad renacentista en su independencia y libertades, en el espíritu humanístico y promotor de la cultura.

Las ciudades italianas tuvieron un importante desarrollo técnico comercial y político, desde antes del siglo XV. De hecho, se podría pensar en una evolución histórica distinta que va a "intervenir" en las evoluciones de las otras regiones europeas (con resultados diferentes en cada sitio). La historia europea moderna entonces se podría ver como la combinación y fusión de estas evoluciones diferentes, en la cual algunas (en diferentes momentos) juegan un papel activo y dominante sobre las otras: proceso dependiente de condiciones políticas, técnicas, económicas, militares y culturales.

El Renacimiento italiano tal vez puede ponerse en paralelo con la revolución del pensamiento que presentaron los naturalistas jónicos en el siglo VII ac. Las condiciones sociales, económicas, pero sobre todo las políticas, de cierta participación democrática y libertad del pensamiento, en Jonia y en otras partes de las islas griegas, fueron una base para el "milagro griego". Sólo a partir de estas condiciones de libertad y democracia (con las limitaciones y las continuas reacciones de siempre) fue posible romper con la estabilidad de las civilizaciones del Bronce jerarquizadas y rígidas social y políticamente. Sus condiciones especiales les permitió utilizar y multiplicar insospechadamente los recursos técnicos y los resultados que ellas habían adquirido en sus incursiones y contactos comerciales con esas sociedades. La actitud intelectual de los jónicos representó una desacralización del pensamiento, punto de partida de la ciencia griega. La actitud intelectual renacentista también constituyó (aunque de forma diferente) una nueva desacralización y un nuevo punto de partida, esta vez para la ciencia moderna.

La lucha por un nuevo método en el conocimiento

El principal "vicio" del sistema escolástico era intelectualmente el mismo que había tenido en los siglos anteriores el pensamiento cristiano. Las "verdades" eran obtenidas por la revelación divina y no por el ejercicio de la experiencia o de la razón (métodos que se habían planteado contrapuestamente en la Antigüedad Clásica). Con la integración escolástica de partes del pensamiento aristotélico a la "revelación" se le sumó la "razón", en una metodología abstracta que poco permitía la indagación empírica sobre el mundo. Antes del Renacimiento los pocos intentos de acudir a la experiencia como fuente de conocimientos (Roger Bacon, etc) no contaron con mucho éxito y proyección.

Galileo asumió la defensa de las ideas de Copérnico, integrando en sus trabajos los resultados fácticos obtenidos por Tycho Brahe y J. Kepler (quien había concluido que las órbitas de los planetas era elípticas y no circulares, figuras tradicionalmente aceptadas como perfectas y descriptivas de la realidad desde Pitágoras). Para sus resultados, Galileo (al igual que Kepler) usó como base los avances hechos por los matemáticos renacentistas (Cardano, Tartaglia, etc), pero su principal instrumento de batalla fue el telescopio (producto de la tradición artesanal). A través del telescopio pudo descubrir importantes hechos que desestimaban el geocentrismo y favorecían la interpretación copernicana: que la Luna tenía mares y montañas, que Venus muestra fases como la Luna, que Saturno parece estar dividido en tres partes, y que en torno a Júpiter giran tres estrellas o lunas. En 1610 publicó su *Mensajero de las estrellas* condensando sus observaciones revolucionarias. Es, sin embargo, 22 años después en su *Diálogo concerniente a los dos principales sistemas del mundo, el ptolemaico y el copernicano* (dedicado al Papa)

que se dirigió frontalmente contra la cosmología aceptada y la filosofía aristotélica. El *Diálogo* fue escrito en italiano para buscar una mayor audiencia para sus ideas. Galileo fue procesado (por segunda vez: en 1618 ya había sido "amonestado" por sus ideas) y condenado a arresto domiciliario durante el resto de su vida (sin duda mejor suerte que la de Campanella y Giordano Bruno, que pasaron por la hoguera). El proceso inquisitorial contra Galileo hacía recordar que a pesar del Renacimiento, y del debilitamiento del poder terrenal de la Iglesia, todavía existía el oscurantismo medieval y la represión contra el pensamiento libre. El *Diálogo* era una auténtica "provocación" de Galileo. Tal vez consideró que ya viejo no importaba su audacia, o tal vez pensó que por su prestigio y por su amistad con el Papa, tenía asegurado el camino. Sea como sea su proceso significó de hecho una proyección mayor de las ideas copernicanas.

El trabajo fundamental de Galileo no fue sin embargo en la Astronomía. Fue el estudio de la mecánica y la descripción matemática del movimiento. La cuantificación matemática de las proposiciones sobre la naturaleza presentaron una ruptura epistemológica con relación al modelo cualitativo, rígido y abstracto, medieval y aristotélico. Pero además lo esencial fue la metodología que empleó en el proceso: la realización de experimentos controlados para demostrar sus teorías o modificarlas. El método experimental integrado a la descripción matemática estableció el mecanismo motor de la ciencia moderna. De hecho en la Antigüedad (se afirma que desde Hipócrates, y con más seguridad en los discípulos del Liceo del periodo alejandrino) se habían realizado, pero no en las extraordinarias condiciones y en relación con la cuantificación matemática, del siglo XVII. El método experimental representaba, bien entendido, un peligro contra el orden intelectual

aristotélico tomista tal vez más peligroso que el heliocentrismo. Galileo fue un auténtico profeta de la nueva ciencia.

Contemporáneo a Galileo fue Harvey (1578-1657) que intentó una explicación mecánica de la circulación de la sangre. En 1628 publicaba *Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus* que representaba (aunque en la tradición de Vesalio) nuevas anatomía y fisiología. El descubrimiento de la circulación de la sangre fue realizado en el marco de la metodología experimental y la visión mecanicista del mundo. Otros importantes profetas de la nueva ciencia fueron Francis Bacon (1561-1626) y René Descartes (1596-1650). Bacon fue un filósofo más que un científico. Fue lord canceller de Inglaterra bajo Jaime I. Fue de los primeros en tomar conciencia del significado de la nueva ciencia y se dedicó a la promoción del método experimental y a la búsqueda de instrumentos institucionales que fomentaran la ciencia. En 1605 publicó *El avance del saber* y en 1620 (parcialmente) *La gran instauration del poder* en la que se establece un análisis del método científico. Bacon no quiso constituir un sistema filosófico. Asumió las tradiciones de Roger Bacon y otros primeros empiristas. Y empujó cierto sentido utilitario en la nueva ciencia. De hecho se esforzó por unificar las tradiciones eruditas y artesanales. Por otra parte, su empirismo no incluía privilegiadamente a las matemáticas y a la lógica deductiva.

Descartes promovió más bien el método deductivo y el poder de la razón. Como matemático estableció la geometría analítica (simultáneamente con Fermat) que sería base del cálculo infinitesimal. Lo más importante de sus ideas fue la concepción mecanicista del mundo. De hecho, reduciendo el espacio a la extensión y al movimiento establece una cosmología regulada por las leyes de la mecánica; y luego geometriza esta última. Descartes ataca el modelo organi-



54. Cross: *La costa cerca de Antibes*. Hacia 1892. 65,4 x 92,7 cm. Nueva York, colección Mr. and Mrs. John Hay Whitney.

cista de la Escolástica. Lo que establece es entonces una descripción mecánico-matemática del universo que va a influir notablemente en el resto del siglo XVII y en el siguiente. Descartes, a diferencia de Bacon, sí construye un sistema filosófico. Busca crear un sistema alternativo al aristotélico-tomista de la Escolástica, que integre de alguna forma la nueva ciencia. El sistema metafísico cartesiano resulta entonces un híbrido que no rompe totalmente con el modelo anterior: lo cual revela probablemente cierto temor ante la autoridad de la Iglesia, que todavía era capaz de mandar a la hoguera.

El caso es que a partir de las ideas de Bacon y Descartes se generaron dos tradiciones en la filosofía (la metodología) de la ciencia moderna: el empirismo y el racionalismo, enfatizando en la primera la experiencia sensorial como fuente de verdad, y la razón en la segunda. En la práctica la tradición racionalista ha ido cediendo terreno a la empirista; sin embargo, las discusiones epistemológicas sobre este asunto todavía no han sido agotadas.

Con las ideas de Galileo, Bacon y Descartes se edificaron las bases metodológicas del camino por el que transitarían los esfuerzos científicos siguientes. La visión que ofrecían se puede resumir: método experimental, descripción matemática y comprensión mecanicista del universo.⁶

La síntesis científica de Newton

En el siglo XVII las ideas científicas se abrieron con gran intensidad. Gassendi (1592-1655) introdujo de nuevo una forma de la teoría atomista de Leucipo y Demócrito. Grimaldi (1618-1663) y después Newton habían obtenido resultados en la óptica y en el esclarecimiento de la naturaleza de la luz. Huygens hizo una descripción matemática de un funcionamiento ondulatorio de la luz. Torricelli (1608-1647), discípulo de Galileo, inventó el barómetro descubriendo la presión atmosférica y también el "vacío" (con lo que asestaba un nuevo golpe a las ideas de Aristóteles). Es el siglo de Boyle con sus resultados sobre el

vacío y la teoría de gases; también de Hooke, a quien se le atribuye haber sido el principal físico experimental antes de Faraday. Los resultados y las figuras científicas del XVII pueden seguir enumerándose, pero, sin duda, es la obra de Newton la que culmina esta llamada Revolución Científica.

Isaac Newton nació en 1642 (el año de la muerte de Galileo) en Lincolnshire. Con la creación del cálculo infinitesimal va a completar los trabajos matemáticos que desde Eudoxo y Arquímedes en la antigüedad hasta Kepler, Fermat y Descartes (entre muchos otros en la nueva época) se venían dando en busca de un método para abordar el "continuo". Sin duda el cálculo infinitesimal (cuya notación más apropiada fue creada por Leibniz) representó el resultado matemático más decisivo del siglo XVII, que generaría un extenso territorio intelectual para los siglos siguientes no sólo en las matemáticas sino en la ciencia en general. Esto hubiera sido suficiente para inmortalizar a Newton, pero realizó otra hazaña intelectual: la mecánica celeste. Es decir, la descripción del movimiento de los astros a partir de las leyes de la mecánica terrestre. Fue la fundición teórica de los resultados de Copérnico y Kepler con los de Galileo. No se trataba de un sistema filosófico, sino de una descripción matemática.

La teoría newtoniana de la gravitación universal completó la destrucción del modelo aristotélico-tomista de la cosmología. El espacio para la intervención divina quedaba muy reducido, lo que suscitó no pocos "lamentos" en una intelectualidad que en general todavía no había roto definitivamente con el pensamiento y el lenguaje medievales (la famosa disputa entre Clarke y Leibniz giró precisamente en torno al papel de la *Providencia* divina en el marco del mecanicismo). De hecho se terminó estableciendo una "transacción" práctica que urgía deslindar ciencia y

religión: un acuerdo de no intrusión en las esferas de cada una.

Con Newton, efectivamente, puede considerarse que una fase intelectual fue completada. En las etapas históricas siguientes nuevos saltos cualitativos hacia adelante en la ciencia van a demandar más condiciones económicas, técnicas, políticas y sociales.

Los aspectos organizativos del desarrollo científico

La lucha por las ideas científicas fue acompañada de los mecanismos y recursos de otras luchas políticas. Galileo usó "militantemente" su telescopio, y buscó dotarse de un mayor respaldo social al escribir en italiano y no, como era común, en latín culto. Bacon extendió con lucidez la necesidad de la organización de los intelectuales y científicos, así como la institucionalización y patronio de la ciencia. Es con este espíritu que se debe entender la fundación de la Royal Society de Londres (1662) y la Académie Royale de Sciences de Francia (1666). La Royal Society fue producto de un largo proceso de organización de hacedores y amigos de la ciencia; de una manera práctica tuvo el sello personal de John Wilkins (1614-1672). Wilkins había creado un grupo desde 1644 que se llamó a sí mismo "Colegio Invisible"; y más tarde crea la "Sociedad filosófica" que permanece hasta 1690. También es importante señalar que desde 1579 ya se había fundado el Gresham College, el centro científico de Inglaterra, que también sería la sede de la Royal Society. La Royal Society y la Académie en realidad funcionaron activamente hasta más o menos 1690.

En Italia la primera sociedad notable fue la Academia Secretorum Naturae, de Nápoles (circa 1560); la siguiente fue la Academia dei Lincei en Roma, que fue activa entre 1601 y 1630 bajo el patrocinio del duque Federico Cesi (en-

tre sus miembros estaba el mismo Galileo). La última de esas sociedades científicas italianas fue la Academia del Cimento de Florencia, entre 1657 y 1667.

En Francia antes de la fundación de la Académie varios grupos se reunían: en Aix, en la casa del padre Claude de Peiresc (1620); en París, en la celda de Marin Mersenne y luego también en la de Montmor. En Alemania se había establecido la Societas Ereunética, en Rostock en 1622, por obra del botánico Joachim Jung, y también el Collegium Curiosum sive Experimentale en 1672 en Altdorf, sin embargo en este caso no tuvieron mucha trascendencia.

Los nuevos círculos, organizaciones y sociedades que impulsaban las nuevas ideas eran una alternativa frente a las universidades, fuertemente controladas por el viejo orden intelectual y la organización eclesiástica.

Ciencia, técnica y sociedad

La Revolución científica se estableció, sobre los hombros del Renacimiento, en una Revolución intelectual que impulsó a su vez importantes transformaciones políticas y económicas. Las teorías de New-

ton fueron introducidas en Francia por Voltaire y usadas políticamente contra el orden establecido. La Ilustración del siglo XVIII fue heredera directa de la pareja Renacimiento - Revolución Científica. Por otra parte, es indiscutible el rol que jugaron las nuevas ideas científicas (y en particular trabajos realizados por las sociedades científicas) en la construcción de la máquina de vapor de Watt, que fue un elemento decisivo de la Revolución Industrial del siglo XVIII.

Ahora bien, la Revolución Industrial se benefició de la Revolución Científica, pero no es posible establecer una relación causa-efecto entre ambas. De hecho, la primera es sobre todo producto de la racionalización de la evolución técnica acelerada en los siglos XV y XVI, y amplificada durante el XVII y parte del XVIII. La ciencia y la técnica han tenido desarrollos y dinámicas respectivamente independientes: "universos de discurso" autónomos, a pesar del tramado de nutrientes relaciones mutuas que se amplificaron precisamente en la época moderna dando por resultado la realidad actual de la tecnología. A veces se considera equivocadamente a la tecnología como ciencia "aplicada", con lo que se deteriora no sólo la comprensión de la tecnología sino de la misma ciencia. La Revolución Científica recibió un importante "input" de los problemas teóricos planteados por las técnicas de la época.

La innovación técnica como respuesta ante necesidades concretas sociales y económicas ha sido un motor del desarrollo de la ciencia. La técnica establece un puente material de contacto entre las necesidades socio-económicas y la ciencia. Para que este "dispositivo" pueda realizarse es necesario, por un lado, que exista el interés económico-social de la innovación técnica (por ejemplo, que esta prometa beneficios a quien la patrocina), y, por el otro, condiciones políticas que aseguren cierta libertad para las innovaciones, y para el tejido in-

180. Van Gogh: *Mlle. Gachet al piano*. Auvers, junio de 1890. 101,9 x 50,2 cm. Perteneció al Dr. Gachet. Basilea, Kunstmuseum.



telectual que las pueda generar. La producción propiamente intelectual o científica relativa a la innovación técnica requiere un contexto y estímulos intelectuales reñidos con el autoritarismo y la represión del pensamiento.⁷ Fue la conjunción de una voluntad e interés políticos con cierto contexto intelectual más libre y flexible lo decisivo en el decurso del proceso Renacimiento - Revolución Científica. Para que esa conjunción fuera posible fue necesario el debilitamiento político de la Iglesia, en una Europa de parida extraordinariamente heterogénea. Es necesario recordar que el siglo XIV contempló guerras, pestes, miseria, y, entre otras cosas, el Cisma de Occidente. Esto expresa que los límites de la ciencia y sus materializaciones prácticas no sólo están socialmente dados por las condiciones materiales económicas, sino también muy especialmente por las "materiales" políticas e ideológicas.

La ciencia no está en función directa linealmente de la organización económica o técnicas de la sociedad (aunque a la larga la ausencia de estímulos sociales, económicos o técnicos, evidentemente establecen importantes límites). A pesar de que las ciudades italianas fueron desplazadas económica y hasta políticamente del centro europeo como resultado de las nuevas rutas y orientaciones comerciales abiertas con América y Asia, Italia siguió manteniéndose a la vanguardia de las nuevas ideas científicas hasta el mismo siglo XVII. La autonomía de la ciencia depende del concurso especial de la matemática y de una dimensión de indagación empírica que no le hace depender de la economía o la técnica más que en sus límites y estímulos. La evolución de la ciencia depende entonces de las posibilidades económicas, las condiciones técnicas, las voluntades políticas y de ciertas condiciones culturales. Cómo actúan en cada momento los diferentes factores, es una comprensión que exige el análisis histórico; este no

puede ser sustituido por grandes leyes transhistóricas. La conjunción de los constituyentes de una realidad histórica concreta no está determinada nunca de antemano. En el pensamiento occidental ha habido una fuerte tendencia a excluir el azar, ya sea por obra de la providencia divina o de los múltiples determinismos contenidos en los sistemas y doctrinas teóricos. En los procesos sociales e históricos el azar sigue siendo una componente muy difícil de evadir.

Para finales del siglo XVII Europa había superado en sus técnicas a la China, no sólo por los retrocesos que ésta sufriera sino porque Europa había vivido una extraordinaria revolución, que proseguiría durante los siglos posteriores.



La tecnología moderna es producto del "matrimonio" de la ciencia y la técnica que empezó en esa época. Esto pudo no haberse dado, al igual que no se dio en otras partes, incluso teniendo buenas trayectorias técnicas o eruditas. Una vez establecida, la tecnología se ha convertido en otra importante componente del devenir histórico mundial. De hecho, la fusión de la ciencia y la tecnología ha sido de tal profundidad que hoy en día sería más apropiado hablar de una sola realidad: la ciencia-tecnología (con aspectos y énfasis particulares propios). La estructuración y uso de

esa realidad representa hoy la vida o la muerte de nuestra especie. En el combate histórico para que represente sólo la vida y el progreso, será necesario encontrar criterios y métodos teóricos y prácticos que permitan avanzar en esa dirección. Los esquemas abstractos y los determinismos son por lo menos estériles para esos propósitos.

A esta altura de nuestra civilización, la ciencia y la tecnología muestran que no sólo no traen la solución a todos los problemas del hombre sino que bien pueden servir para hacerle desaparecer. El reinado indiscutible de la ciencia y la tecnología ha ido de la mano de la dominación del factor económico en la vida social. Ese reinado toca a su fin o el agotamiento ecológico o una guerra nuclear terminarían con la cultura humana.

Se abre entonces ya un nuevo capítulo en el que la recuperación humanista del universo social coloca en una perspectiva totalmente diferente a la ciencia, la técnica y la economía.

La recuperación del hombre sometido a un desarrollo científico y técnico que no controla y que amenaza su mundo y su supervivencia es el objetivo de un nuevo Renacimiento humanista. Este no vendrá de ningún resultado científico sino de un regreso vital - cultural - a las condiciones de existencia del hombre.

La Revolución Cultural que alumbró el nacimiento de nuestro universo científico moderno, vuelve a ser necesaria hoy una vez más.

En la perspectiva de edificarla y abrir una discusión humanista las máximas condiciones de libertad son necesarias. Esto es una lección práctica del pasado. Los regímenes totalitarios de derecha o izquierda sólo pueden constituir factores activos en el aborto de las condiciones históricas que podrían hoy asegurar nuestra supervivencia. El nuevo humanismo y la nueva Revolución Intelectual que reclama nuestra historia sólo puede construirse afirmando al mismo tiempo

en la teoría y la práctica los valores de libertad contra toda forma de opresión del pensamiento.

Bibliografía

1. Butterfield, *Los orígenes de la ciencia moderna*, traducción de L. Castro, Madrid, Taurus Ed., 1971.
2. John D. Bernal, *La ciencia en la historia*, traducción de Elí de Gortari, México, UNAM y Nueva Imagen, 1981.
3. Alistair C. Crombie, *Historia de la ciencia. de san Agustín a Galileo*, traducción de José Bernia, Madrid, Alianza, 1983.
4. Stephen Mason, *Historia de las ciencias*, traducción de Carlo Solís, Madrid, Alianza, 1985.

Notas

¹ Herbert Butterfield, *Los orígenes de la ciencia moderna*. Traducción de L. Castro, Madrid, Taurus Ed., 1971, p.248.

² Para algunas interpretaciones de corte marxista el paso de la sociedad grecorromana al "feudalismo" fue parte de una transición progresiva. La historia (en general) es vista como una sucesión de modos de producción y una línea inevitable de "progreso". Se parte de la existencia de cierta "necesidad" histórica y, entonces, de leyes objetivas que determinan el curso de las sociedades. En esta visión, al igual que de las entrañas del feudalismo salió -progresivamente- el capitalismo -y de éste el socialismo-, del esclavismo salió el feudalismo. Se trata de un determinismo; más aún, de un análisis teleológico poco dinámico y profundo, que no permite en particular comprender el carácter histórico de la Edad Media (no del "feudalismo") ni los orígenes de la sociedad moderna.

En particular, la decadencia de la Europa Occidental con los romanos (que debe entenderse más como un largo proceso en el que se impuso la destrucción de la civilización del mundo greco-mediterráneo), pone en evidencia la realidad de los retrocesos históricos. No es posible afirmar una línea asegurada de progreso material y espiritual en la evolución histórica. Todo siempre depende de los hombres concretos, de sus voluntades e intereses individuales y colectivos. Ningún *a priori* económico, teológico, político o científico, puede pasar por encima de la vida real, de la historia concreta. En el vasto territorio de las decisiones humanas es donde siempre se ha jugado el destino y la historia. Las doctrinas y los dog-

mas siempre dados a los determinismos, no sólo introducen oscuridad y confusión en la interpretación histórica, sino también en relación con los imperativos morales que se plantean individual y colectivamente en la vida actual.

³ El encuentro con la Antigüedad Clásica significó el contacto con los resultados teóricos gigantescos de ese crisol del conocimiento que fue Grecia. Se tuvo acceso a los descubrimientos y observaciones apuntadas como a las teorías e hipótesis afirmadas: entonces, si bien no es posible exagerar el papel de estos resultados en la conformación intelectual de los desarrollos del XVII, es importante colocarlos en su verdadera y decisiva dimensión. Sin este influjo intelectual la historia europea moderna, habría sido de seguro muy diferente. La nueva cultura y civilización que se creó pudo perfectamente no haberse generado. Este influjo fue una condición necesaria para desencadenar la revolución intelectual moderna, pero no era (por otro lado) suficiente. De hecho, estamos haciendo referencia a un proceso en el que se combinaron factores como la cultura clásica antigua, como las influencias árabes y chinas, y una larga serie de condiciones históricas particulares de Europa. Estas últimas fueron decisivas. Los árabes, en posesión de la mayoría de los resultados griegos, no pudieron hacer el salto que sí daría Europa Occidental.

⁴ En realidad, los pitagóricos afirmaban que los planetas (incluyendo el Sol) se movían alrededor de un gran fuego central. Afirmaban el movimiento circular de los cuerpos celestes y su forma esférica.

Aristarco de Samos (nace en Circa 319 ac) fue el principal astrónomo del periodo alejandrino. Creó métodos ingeniosos para calcular las distancias relativas entre el Sol, la Luna y la Tierra; y la relación entre el diámetro terrestre y lunar. Afirmó (según el testimonio de Arquímedes) que el Sol permanecía inmóvil en relación con las estrellas fijas y que la Tierra se movía alrededor de éste en forma circular una vez al año.

⁵ Es interesante señalar que siempre existió una relación importante entre navegación, astronomía y matemáticas. En los resultados de los sumerios, babilonios y egipcios es posible detectar esa estrecha relación de influencias recíprocas. Sin duda, el desarrollo del comercio y la navegación que se abrió con los nuevos descubrimientos geográficos fueron muy importantes en el desarrollo de la astronomía y las matemáticas asociadas. En esta ocasión, además, gracias a los resultados de la cultura antigua, se contaba con una buena colección de teorías e hipótesis (bastante elaboradas) y especialmente un conjunto muy grande de observaciones y datos astronómicos. Esta relación (así como la captación vía islámica de matemáticas hindúes y chinas) fue esencial en la

configuración de la revolución matemática y científica del siglo XVII.

En otro orden de cosas: los nuevos descubrimientos geográficos tuvieron otra consecuencia, afectaron el desarrollo y equilibrio europeos al trasladar los centros de importancia (económica, política, intelectual) a aquellas regiones o países colocados frente al Atlántico.

⁶ Hay que comprender aquí que no se trató solamente de oponer la experimentación a la especulación. Dentro de la visión aristotélica (que cristianizada sustentaba el orden intelectual anterior) cabía lugar para la experiencia. El mismo Galileo en su *Diálogo* coloca el personaje defensor de sus ideas frente a la experiencia. Galileo no deja de afirmar la experimentación, pero introduce una condición precisa: la relación con las matemáticas. Lo que aparece como esencial, es, entonces, la descripción matemática de los procesos físicos. Es una visión intelectual de la física (y la ciencia) diferente a la aristotélica (Aristóteles no introdujo en su física y cosmología la intervención matemática); una visión cuantitativa. Es ésta visión la que asumió Newton y los principales científicos de los siglos siguientes.

Bacon hizo de la experiencia el punto medular de la nueva ciencia, pero descuidó en cierta medida el papel jugado por las matemáticas. Descartes afirmó una visión matemática y un carácter mecanicista de la realidad, pero eliminó prácticamente las referencias a la experiencia. Las visiones metodológicas de Bacon y descartes encontraban (desde un punto de vista técnico) convergencia.

⁷ En los regímenes comunistas (así como en otros regímenes totalitarios) la represión de la creatividad y el pensamiento libres representaban un factor decisivo en la demarcación de las posibilidades históricas de su desarrollo intelectual, científico y tecnológico. Es decir, por ejemplo, al buscar comprender el carácter de la ciencia y la tecnología en estos regímenes (en particular su atraso tecnológico con relación a los principales países occidentales), no se puede prescindir del análisis de las condiciones de existencia de libertad para la producción intelectual.

La represión ideológica, y el dogmatismo intelectual, en la Unión Soviética produjeron situaciones vergonzosas para la ciencia moderna como las vinculadas al caso "Lisenko". Los mejores momentos de la ciencia soviética han estado conectados a importantes aperturas y posibilidades para el trabajo de científicos y técnicos. A pesar de ciertas distorsiones obtenidas, las bases estructurales políticas e ideológicas de este régimen conducen a cercenar las posibilidades de la creatividad y el pensamiento libre. No es de extrañar, entonces, la gigantesca cantidad de disidentes que son científicos o intelectuales.