

## EVOLUCIÓN DEL PENSAMIENTO CIENTÍFICO

SILVIA BRAVO \*

*La ciencia, como algo existente y completo, es la cosa más objetiva que el hombre conoce. Pero, la ciencia en su hechura, como un propósito a cumplir, es tan subjetiva y tan condicionada psicológicamente como cualquiera otra rama del conocimiento humano; tanto así, que la pregunta de ¿cuál es el propósito y la significación de la ciencia? tiene respuesta enteramente diferentes en diversas épocas y por parte de personas colocadas en diversas situaciones.*

E. Einstein

La Ciencia nace con la humanidad. Las primeras generalizaciones de los hombres primitivos, los primeros intentos de explicar y comprender el mundo a su alrededor, son ya manifestaciones de actividad científica. Sin embargo, la ciencia sistemática y considerada como un estudio con sus métodos propios sólo empezó a desarrollarse en Grecia hace 2 500 años y el desarrollo y sistematización de las ciencias naturales como las conocemos ahora no tienen más de 4 siglos de antigüedad. Esto es bastante significativo; es tal vez una evidencia de que el hombre no es científico por naturaleza y que aunque naturalmente tiene las armas intelectuales para proceder de manera científica, requiere de un entrenamiento específico que a la humanidad en su conjunto le tomó más de 70 siglos. El hombre actual no nace más científico que los antiguos cavernícolas y si se le aísla de todo el progreso de la humanidad, nunca, a lo largo de su vida, podrá aprender a realizar estudios científicos a la manera moderna.

La manera como ahora pensamos respecto a la naturaleza y el modo de conocerla nos parece tan natural que difícilmente podemos imaginar que alguna vez se pudo pensar de otra manera. Nuestra actitud frente al

problema de conocer la naturaleza nos parece tan evidente para el sentido común que olvidamos que el sentido común mismo tiene una historia tan vieja como la humanidad y que lo que ahora parece sensato y razonable no lo ha sido siempre.

La ciencia no es una actividad aislada de la cultura. Es parte y resultado de ella; presenta las características dominantes de las sociedades en que se produce y su desarrollo está condicionado por ellas mismas.

En el desarrollo histórico de los intentos que ha hecho el hombre por conocer su mundo han habido tres ideas creativas que, cada una en su tiempo, han sido centrales a la ciencia. Éstas son: la idea del orden, la idea de causa mecánica y la idea de probabilidad. Para los antiguos la ciencia consistía primordialmente en ordenar las cosas. A partir de Galileo y Newton, la ciencia pasó a ser búsqueda de las causas de los fenómenos observados. Y la ciencia moderna tiene como concepto primordial la probabilidad de ocurrencia de las distintas posibilidades de comportamiento.

Suele afirmarse que la ciencia nació en Grecia con Tales, Pitágoras y los filósofos del siglo v antes de Cristo. Y esto se afirma a pesar de que las primeras nociones de geometría y astronomía no las establecieron los griegos; pero fue con ellos que estas nociones adquirieron por primera vez una forma científica. Las relaciones entre los lados de un triángulo rectángulo se conocían ya desde los egipcios, pero para algunos triángulos rectángulos particulares, y fue realmente Pitágoras el primero que estableció, en forma general, la proporción guardada por los lados de todos los triángulos rectángulos. Realmente los griegos fueron los grandes iniciadores de la "inducción" (la obtención de reglas generales a partir de observaciones particulares).

Pero sobre todo fueron deductivos. Su mayor habilidad consistió en la obtención de propiedades particulares a partir de premisas evidentes por sí mismas (axiomas),\* las cuales no requerían ninguna justificación ni mucho menos una verificación experimental. Por eso descollaron en matemáticas. Con "Los Elementos" de Euclides crearon el "lenguaje" adecuado para las matemáticas, partiendo siempre de definiciones concretas que no permitían vaguedades ni incertidumbres, que no dejaban lugar a confusiones, y utilizando siempre el método lógico más riguroso para sacar conclusiones de las premisas ya establecidas.

Así lograron construir el maravilloso edificio de la geometría, y en general de las matemáticas, que aun ahora seguimos usando. Pero todo

\* El desarrollo ulterior de las matemáticas ha mostrado que muchas de esas "verdades evidentes" no lo son en realidad sino que vienen a ser simplemente proposiciones que se aceptan como verdaderas en un contexto específico, pero que no tienen por qué serlo en otro contexto.

lo que lograron en matemáticas no pudieron hacerlo en física ni en las otras ciencias naturales, puesto que en éstas el establecimiento de axiomas evidentes por sí mismos no resulta tan sencillo. Ni siquiera pudieron desarrollar un lenguaje claro y sin ambigüedades al tratar los fenómenos de la naturaleza.

Según la concepción platónica, el conocimiento era cuestión exclusiva del razonamiento y no sólo no recurrieron nunca a la experimentación, sino que la despreciaban como un método lleno de errores y variaciones que nunca podría conducirlos al verdadero conocimiento de "la esencia de las cosas". Para conocer algo consideraban que era suficiente con observarlo y permitir así que les revelara su integridad y fuerza. Para Platón todas las ciencias que utilizaran instrumentos y medidas eran secundarias, despreciables y por tanto, la ciencia que estaba más cerca de la verdadera era la ciencia de las matemáticas, pues trataban con entes absolutos sin relación con las cosas reales. Incluso la misma influencia de Platón llegó a limitar el uso práctico de las matemáticas, por considerarlo indigno de una ciencia que se ocupaba del saber absoluto.

Por supuesto que este tipo de concepciones eran el resultado del tipo de sociedad del pueblo griego, una sociedad esclavista donde los trabajos manuales les correspondían a sirvientes y esclavos (que incluso no eran considerados seres humanos) y donde sólo las clases privilegiadas tenían oportunidad de ocuparse de cosas como la ciencia.

Debido a la gran aceptación que tuvieron las ideas de Platón, los griegos no pudieron desarrollar una verdadera ciencia física. La "Física" de Aristóteles, aunque se ocupa de la materia, de la forma, del movimiento y del espacio, es un tratado de filosofía, no de física. Y como todas estas ideas predominaron durante más de mil años, durante todo este tiempo no se pudo desarrollar una verdadera ciencia de la naturaleza.

Algunos descubrimientos en física resultaron exitosos, pero eran resultados solamente de la observación, no de la experimentación y errores que hubieran sido muy fácilmente corregidos con una prueba, persistieron durante mucho tiempo porque a nadie se le ocurrió que esta prueba debería hacerse. De ciertas observaciones y especulaciones acertadas se obtuvieron conceptos que aún ahora son válidos, pero la falta de un sistema adecuado de estudio, de un conjunto estricto de definiciones precisas, en fin, de un método adecuado, impidió que avanzaran sólidamente en algún camino de la física.

Sin embargo, aunque durante mucho tiempo se despreció la experimentación, la observación, que no estaba condenada por la corriente platónica, permitió que se hicieran considerables avances en la astronomía la cual a su vez tenía también motivaciones de carácter religioso y de producción agrícola. Las observaciones astronómicas se fueron perfeccio-

nando y como además no había ningún prejuicio en contra de usar las matemáticas para sistematizarlas, se hicieron determinaciones bastante precisas de las órbitas planetarias, las dimensiones de la Tierra, etcétera y, se trabajó en la elaboración de calendarios, la predicción de eclipses, etcétera.

También se logró llegar a algunas conclusiones mecánicas dentro del marco de la geometría. Arquímedes (252-212 a.C.) fue tal vez el científico más experimental de los griegos y demostró ser un gran genio en matemáticas y poseer una habilidad extraordinaria para la invención de artefactos mecánicos. Sin embargo, seguía conservando el espíritu de tratar con cuerpos geométricos y propiedades abstractas y no con los cuerpos irregulares de la vida diaria. La contribución de Arquímedes a la ciencia, aunque notable, rebela aún la actitud deductiva de los griegos. Su obra sobre estática es famosa y con razón, pero procede por axiomas, como la geometría de Euclides y los axiomas se supone que son evidentes por sí mismos y no el resultado de la experiencia. El método empleado en su obra "Sobre los cuerpos flotantes" se deriva, por el método deductivo, de ciertos postulados que él establece, y aunque tuvo que haber llegado a estos postulados experimentalmente y por un método inductivo, esto no lo menciona pues si lo hubiera hecho todo su trabajo se habría considerado indigno. Posteriormente surgieron algunos ingenieros notables, pero ninguno profundizó en sus pruebas lo suficiente como para hacer ciencia.

Con la instauración del Imperio Romano, eminentemente práctico, la ciencia se estancó y relegó. Sólo unas cuantas personas, de algunos pueblos (principalmente árabes) preservaron la ciencia de los griegos, no obstante que sus aportaciones fueron radicalmente diferentes. Los árabes fueron más experimentales que los griegos; desarrollaron especialmente la química (alquimia) y fueron los que más conocimientos aportaron a la baja Edad Media.\* Sin embargo, todos sus estudios de la naturaleza tenían algún fin práctico y no buscaban el conocimiento de las propiedades generales de los cuerpos. Eran lo opuesto de los griegos, buscaban hechos sueltos más que principios generales y no tuvieron la facultad de descubrir normas generales de comportamiento a partir de los hechos aislados que habían descubierto. Además, en la práctica de sus experimentos invocaban poderes sobrenaturales con el objeto de actuar sobre la naturaleza, de transformar los cuerpos, acaso crearlos y no consideraban su trabajo como la manera natural y humana de conocer el mundo a su alrededor; buscaban a tientas, se investigaba al azar y sin ningún método.

Cuando las condiciones generales de la sociedad en Europa favorecieron

\* En especial desarrollarse el Álgebra.

el resurgimiento de los intereses culturales (siglos xi y xii), su actividad se dirigió, ante todo, hacia la recuperación del patrimonio perdido. Sin embargo, ésta fue sólo una recuperación pasiva de los conocimientos adquiridos en la antigüedad. Se creía que toda la ciencia estaba en los clásicos y se aspiraba solamente a participar respetuosamente de ella, sin ninguna intención de cambiar o agregar nada.

En el siglo xii hubo una tendencia a rechazar a los clásicos por considerar sus métodos demasiado anticuados y postulando que el hombre debería adquirir la sabiduría por sí mismo y de acuerdo a los propios métodos. Pero los que protestaban no tenían nada concreto que ofrecer a cambio y este movimiento no tuvo éxito. Se siguió reverenciando y reproduciendo a los clásicos hasta el siglo xvii en que una nueva revolución, ahora inspirada en lo inadecuado del método clásico para hacer avances ulteriores en el conocimiento, cambió el aspecto de la ciencia y dio origen al correcto fundamento del estudio de las ciencias naturales.

Como ya se mencionó antes, toda la estructura del pensamiento hasta la Edad Media era una estructura ordenada y por consiguiente todos los estudios que se hicieron hasta esta época sobre la naturaleza eran con el propósito de ordenar las cosas; las meticulosas y numerosas observaciones astronómicas tenían como propósito definir mejor el lugar de los astros y esto se consideraba suficiente. Según la Física de Aristóteles, que perduró hasta el siglo xvii, las cosas se comportaban de cierta manera porque ésa era su "manera natural" de ser y tendían siempre a mantenerse en el lugar que les era propio a su naturaleza. Se pensaba (desde Empédocles, siglo vi a.C.) que todo lo existente se componía de cuatro elementos básicos: tierra, agua, aire y fuego y, según el elemento que dominara en ellas, las cosas eran de naturaleza terrestre, acuática, aérea o ígnea. De acuerdo con esta idea, las cosas terrestres caían hacia abajo porque tendían al centro de la Tierra que era su punto natural de reposo, las cosas aéreas (gases) subían porque su lugar estaba arriba, en el aire y así para las demás. La tendencia de todas las cosas era el orden y el reposo, pero la constante guerra entre los distintos elementos impedía que éste se llegara a obtener.\* Así, las cosas ígneas quemaban a las cosas terrestres, las cosas acuáticas acababan con las ígneas, las aéreas perturbaban a las acuáticas, etcétera.

Estas explicaciones, que a nosotros nos pueden parecer ahora pueriles y sin sentido, fueron sin embargo, suficientes para dejar satisfechos a los hombres durante muchos siglos, pues esencialmente son lógicas e indiscu-

\* Por otra parte esta explicación forma parte de un entendimiento global del universo y de la existencia, así los hombres ocupan su "lugar natural dentro de la sociedad".

tibles con base en nuestras experiencias diarias.\*\* Sin embargo, durante el siglo XVII los hombres preocupados por el estudio de la naturaleza dejaron de conformarse con estas explicaciones, dándose cuenta de que en realidad no describían nada, ni permitían hacer ningún uso de ese conocimiento. En esta época, en la que el desarrollo de las técnicas había hecho que éstas empezaran a tomar un lugar importante en la vida social, y en la que se iniciaba el capitalismo, especialmente interesado en la eficiencia de las formas sistemáticas de producción, una ciencia de la naturaleza como la presentada por Aristóteles no tenía ninguna utilidad. Era necesario otro tipo de tratamiento de los fenómenos naturales que permitiera hacer uso de conocimiento así obtenido para eventualmente dirigir el rumbo de las cosas. Era necesario saber qué era lo que directamente provocaba la ocurrencia de un fenómeno para poder eventualmente poder pensar en cómo evitar que ocurriera o en cómo controlar su ocurrencia en la forma deseada. La revolución científica se inició cuando en vez de buscar el lugar y el comportamiento natural de las cosas, cuando en vez de buscar un orden jerárquico, se empezó a especular sobre las causas mecánicas y, ya no la razón de los sucesos. El mundo dejó de considerarse como algo hecho con una intención dada, en el que todo tendía a su origen o lugar adecuado, siguiendo un impulso interno que predestinaba su comportamiento, para empezar a verlo como una "máquina de eventos". La revolución científica fue un cambio de un mundo de cosas ordenadas de acuerdo a sus naturalezas propias, hacia un mundo de eventos ocurridos en un continuo mecanismo de antes y después, en el que cualquier cosa que ocurría, ocurría solamente porque algo había ocurrido antes. Todo lo observado era el efecto de una causa y la búsqueda de esas causas mecanicistas y no ya de las razones lógicas, se convirtió en el propósito central de la ciencia. Pero ¿cómo había que buscar esas causas? Era evidente que los métodos antiguos no podrían proporcionar ninguna información al respecto. Había que encontrar el método adecuado, había que reandar el camino, pero de otra manera, con otro propósito. Y esta nueva revolución contra la ciencia de los clásicos, que ahora sí tuvo éxito, cambió por completo el modo de hacer la ciencia.

Esta revolución constituyó, naturalmente, el producto del trabajo de muchas personas, pero la personalidad más destacada fue, sin duda, Galileo, cuya influencia fue tan determinante y sus tesis tan claras que a esta revolución suele llamársele también "revolución galileana", ya que,

\*\* Aún ahora, es común ver cómo la actitud hacia el estudio de los fenómenos de la naturaleza, de personas no entrenadas científicamente, tiende a seguir la línea Aristotélica.

de hecho, Galileo sentó las bases de lo que ahora llamamos "método científico".

Galileo introdujo una concepción del mundo en la cual la investigación debe hacerse razonablemente por principios mecánicos. Inició el estudio de las ciencias naturales como una unión del método lógico (inducción-deducción), que tan brillantemente desarrollaron los griegos y, el método empírico que constituyó el gran arte de la Edad Med.a. Este nacimiento de la ciencia experimental guarda relación con el descubrimiento nada simple —aunque ahora pueda parecernoslo— de que se pueden desarrollar técnicas muy precisas para dominar racionalmente el curso de la experiencia, es decir, para provocar ciertos fenómenos que pueden repetirse a voluntad y medirse en condiciones controladas. Galileo sentó la tesis de que todo conocimiento de la naturaleza debería establecerse por experimentación, que debía buscarse y provocarse aquello que se deseaba conocer, que deberían hacerse mediciones de las características de los fenómenos observados, que de estas observaciones cuantificadas deberían postularse hipótesis de comportamiento general y que estas hipótesis deberían corroborarse con nuevas observaciones. Es decir que antes de empezar a especular sobre las causas de un fenómeno natural era necesario describir lo mejor posible y en términos cuantitativos dicho fenómeno. En particular, para el caso de la caída de los cuerpos, primero debe averiguarse cómo caen los cuerpos, y para saber cómo caen los cuerpos, es necesario dejar caer repetidamente una gran diversidad de cuerpos y hacer mediciones respecto a su forma de caer para poder postular, después, alguna hipótesis que explique de manera general todas las observaciones hechas.

Pero todo esto nunca antes se había pensado así, y fue necesario un profundo cambio filosófico para inducir a los espíritus cultos de aquella época a estudiar ordenada y seriamente las técnicas de experimentación, es decir, para superar el doble prejuicio de que toda actividad práctica resultaba demasiado inferior para ser digna de la investigación racional o demasiado recóndita y misteriosa para ser accesible a las fuerzas humanas, como pensaban los alquimistas quienes siempre invocaban el recurso de fuerzas sobrenaturales.

Al mismo tiempo que era ahora claro que la ciencia necesitaba un método adecuado, también fue necesario buscar un lenguaje adecuado para las observaciones y conclusiones científicas. En la búsqueda de un lenguaje técnico preciso para la formulación de teorías, el enunciado de las leyes, la descripción de los fenómenos, se vislumbró inmediatamente la posibilidad —pronto ensayada con gran éxito— de aplicar a las ciencias experimentales el mismo lenguaje de las matemáticas, es decir, fórmulas, figuras geométricas, etcétera. El éxito de esta aplicación llevó a Galileo

a exclamar emocionado que "las matemáticas son el lenguaje con el que Dios escribió el Universo".

Y así, pese a todos los esfuerzos por conservar a las matemáticas como una ciencia pura y absoluta, éstas pasaron a ser el instrumento de la nueva ciencia que nacía buscando comprender el mundo de las cosas materiales. Esto estaba muy bien porque ahora los científicos ya no iban en busca de la esencia de las cosas, ni de las remotas causas metafísicas de su comportamiento, ni de las inverificables causas finales. El lenguaje matemático sólo puede describir relaciones, pero estas relaciones, cuando se refieren a los fenómenos naturales, son algo que puede medirse y por tanto puede mostrarse como verdadero o falso, lo cual ciertamente no ocurría con los postulados y los métodos aristotélicos.

Pero la revolución científica no sólo reformó el método y el lenguaje de la ciencia, sino que también provocó al nacimiento de sus técnicas. Cuando Galileo usó el telescopio para realizar observaciones astronómicas introdujo, por primera vez en la historia del conocimiento, un aparato creado por el hombre para aumentar el alcance de sus sentidos. A pesar de las terribles objeciones que esa idea tuvo en su época, la ciencia actual es una muestra irrefutable de la gran utilidad de esta técnica.

Sin embargo, aunque Galileo fue el primer gran representante de la revolución científica (y su primer divulgador, pues escribía en italiano, que era el idioma del pueblo y no en latín que era el idioma culto) ésta no cuajó realmente sino hasta los trabajos de Newton, en los que se ilustra en bella forma el empleo del método científico y en los que realmente ya se empiezan a describir las causas que hacen funcionar la gran máquina del Universo. Pero por supuesto que el concepto de causa que introdujo Newton ya no era el de causa lógica (como se buscaba en los tratados aristotélicos), por la que se pensaba que todo obedecía a un deseo o a una predestinación, sino una causa inmediata, determinante, mecanicista, que podía actuar sobre diferentes sistemas y producir diferentes efectos, del mismo modo que el mismo sistema frente a otra causa conduciría a un fenómeno diferente.

Por otra parte, es en los trabajos de Newton donde se encuentra de manera exquisita, cómo de la observación de hechos particulares se llega por inducción a una ley general y de esta ley general, por deducción, se infieren otros casos particulares. Newton logró unir en una sola ley general el comportamiento de los cuerpos que caen sobre la Tierra y el movimiento de los cuerpos celestes, a los cuales, hasta entonces, se les había considerado como pertenecientes a una esencia y a una reglamentación diferentes de las de los cuerpos terrestres.

Durante el siglo XVIII ya no se produjeron más leyes generales del tipo de las de Newton. La astronomía era la única ciencia con suficiente

cantidad de observaciones como para ser susceptible de realizar en ella la búsqueda de causas y de la expresión matemática de éstas. Los hombres tuvieron que dedicarse, pues, a la obtención de hechos y evidencias en otros campos, y al ordenamiento de éstos en sistemas coherentes, susceptibles de una investigación posterior. El hombre, libre ya de los antiguos prejuicios contra la experimentación, convencido de que el mundo es una máquina en la que todo efecto tiene su causa y decidido a buscar, no ya la esencia de las cosas, sino sus relaciones, se dedicó a observar y experimentar para dar base a nuevas ciencias, para crear nuevos conceptos que explicaran mejor las observaciones. Y con el método, el lenguaje y las técnicas ya bien definidas, el número de descubrimientos científicos empezó a incrementarse a pasos acelerados.

En cuanto la ciencia demostró que podría insertarse con éxito en el tipo de investigaciones que durante milenios habían quedado reservadas a las artes secretas de la astrología, la alquimia, etcétera, también heredó las ambiciones de éstas y, en primer término, la de actuar sobre la marcha de la naturaleza para dominarla, transformarla y someterla al género humano. Pero la ciencia ya no estaba limitada a grandes pensadores: existía ahora un método por el cual cualquier hombre podía aspirar a desentrañar los secretos de la naturaleza. Y, así, pues, se consideró que todos los conocimientos deberían ser del dominio público, puesto que la ciencia se convertía ahora en el gran instrumento de la humanidad para aumentar su poder sobre el mundo en que vive. Así surgió, en el siglo XVIII, el movimiento iluminista como un deseo de llevar la ciencia a toda la humanidad. Fue un afán de humanizar la ciencia y de ponerla en las manos de todos los hombres, bajo la tesis de que la ciencia es patrimonio de la humanidad y que no sólo todos deberían participar de ella sino también contribuir a su desarrollo. Y aun cuando los iluministas, mediante su celosa preocupación por vulgarizar y simplificar, empequeñecieron a veces lo grande y desvirtuaron la magnificencia de algunos logros, detrás de su dogmatismo, de la ceguera y angustia de sus mentes, existía una fe ardiente en el progreso y en la humanidad, convencidos de que la razón iluminaría al mundo. Y así fue como, durante los siglos XVIII y XIX, la ciencia dejó de ser simplemente la búsqueda del conocimiento de los mecanismos que rigen a la naturaleza, para convertirse en un instrumento de dominio sobre ella.

En el siglo XIX surge el llamado "movimiento positivista" que vuelve a tomar una posición filosófica respecto a las posibilidades de la ciencia y en general del conocimiento y, establece que "el espíritu humano, reconociendo la imposibilidad de obtener nociones absolutas, renuncia a buscar el origen y el destino del Universo y a conocer las causas últimas de los fenómenos, para dedicarse, mediante el uso adecuadamente combinado

del razonamiento y de la observación, a descubrir sus leyes efectivas, es decir, sus relaciones invariables de sucesión y semejanza”.\*

Los científicos, en general, se dejaron influir por esta idea y buscaron leyes naturales cada vez más generales, convencidos de que la tarea última de la ciencia era el descubrimiento preciso de las leyes naturales invariables a que están sujetos todos los fenómenos y a la reducción de éstas al menor número posible. En lugar de continuar la labor de humanización de la ciencia, iniciada en el siglo xv, la mentalidad positivista trató de revivir en la ciencia las mismas exigencias en cuya virtud los antiguos pensadores habían creado la metafísica.

Aunque los positivistas sostenían que lo único verdaderamente evidente eran los hechos, elevaron éstos a una categoría divina afirmando que “el hecho tiene realidad por sí mismo, una realidad inalterable que estamos obligados a aceptar tal cual está dada, tal como la encontramos; es absoluta la imposibilidad de quitarle o añadirle nada: por lo tanto, el hecho es divino”. Y aunque pretendían ser muy concretos, estaban en realidad creando una nueva metafísica llena de los mismos defectos de absolutismo y divinización que la metafísica griega. Aunque pretendían depurar la ciencia de los términos metafísicos, no hicieron más que substituirlos por otros igualmente dogmáticos. La noción de “causa” (que parecía muy metafísica) fue sustituida por la de la “ley” que en realidad es igualmente dogmática.

En efecto, durante el siglo xix los científicos estaban convencidos de que la ciencia no sólo describía el mundo sino que lo explicaba y que las leyes naturales establecidas por la ciencia eran verdaderas leyes en el sentido de que regían el comportamiento de la naturaleza. Además, los grandes éxitos obtenidos por la práctica científica, la velocidad cada vez mayor con que éstos se sucedían, hizo que los hombres de ciencia del siglo pasado creyeran firmemente que la ciencia resolvería muy pronto todos los problemas y que en sólo unos cuantos años más se cerrarían para siempre los centros de investigación porque estaban ya a punto de terminar su estudio, dando, por fin, explicación a todo y sabiéndolo todo.

Todas estas manifestaciones fueron en cierta forma un regreso a ideas más antiguas. Pero fue un regreso lógico, ya que el hombre, en su vanidad, siempre se había creído el centro del Universo, la criatura elegida de Dios, y era muy difícil renunciar a la posibilidad de conocimientos

\* Augusto Comte, “Curso de Filosofía Positiva”.

\* Así Ernst Mach sostuvo la inexistencia de átomos y moléculas debido a la imposibilidad de observarlos.

completos y finales, máxime que las nuevas armas de la investigación científica, desarrolladas a raíz de la revolución galileana, habían mostrado de todo lo que puede ser capaz el ser humano.

Sin embargo, a principios de este siglo, el mismo desarrollo de las ciencias empezó a traicionar este optimismo. Conforme se fue profundizando en la investigación y se fue mejorando la precisión de las observaciones se fueron encontrando muchas cosas que no sólo no se sabían, sino que ni siquiera se sabía que se ignoraban.

Los científicos se dieron cuenta de que cuando lograban abrir una puerta lo que encontraban tras ella no era la respuesta final sino un gran número de puertas cerradas, de nuevas preguntas sin respuesta cuya existencia desconocían. Más aún, se dieron cuenta de que las leyes que ellos creían sólidamente establecidas ya no servían para explicar los nuevos fenómenos ópticos y atómicos que ahora se observaban y gran parte de estas leyes y postulados, tan indiscutiblemente aceptados hasta entonces (que constituyen lo que ahora llamamos Física Clásica) tuvieron que ser modificados, o peor aún, rechazados para la adecuada descripción de los nuevos conocimientos. Todo esto resultó en el surgimiento de otras "Físicas"; la Cuántica y la Relativista (Especial y General).

Por otra parte de estas dos nuevas "Físicas" resultó evidente la imposibilidad de encuadrar los hechos observados en los sistemas conceptuales elaborados por el pensamiento científico anterior. Algunos conceptos perdieron su significado como el concepto de fuerza en relatividad general, el concepto de trayectoria en mecánica cuántica, y otros, anteriormente independientes (ondas-partículas, espacio-tiempo, masa-energía) aparecían ahora en estrecha relación. Además, la creencia firme en la naturaleza causal de las leyes naturales empezó a venirse por tierra. En efecto, hasta el siglo XIX se creía firmemente en la idea de Laplace de que si conociéramos el estado completo de un sistema en un momento dado, podríamos determinar absolutamente su futuro, con sus propias palabras: "si conociéramos la velocidad y la posición de cada uno de los átomos del Universo en un momento dado, podríamos predecir su futuro para siempre".

Para esta época ya se habían desarrollado tratamientos estadísticos para ciertos sistemas, pero se consideraba que la estadística era un método cómodo de suplir los millones de ecuaciones de movimiento involucradas en el sistema, aunque de hecho éstas podían formularse con sólo que supiéramos la velocidad y la posición de cada elemento en un instante dado. Sin embargo, el establecimiento del principio de incertidumbre de Heisenberg acabó con la esperanza de esta posibilidad. Al probarse que no es posible conocer con exactitud la velocidad y la posición de una partícula al mismo tiempo quedó destruida la posibilidad

laplaciana del pronóstico determinado del comportamiento futuro de un sistema.

Así pues, la física moderna parece mostrar que las cosas observadas no son independientes del observador, que los establecimientos absolutos no son posibles y que no es posible establecer una relación de causa-efecto, ni determinar lo que ocurrirá absolutamente en una interacción dada. Así pues, la idea central que parece dominar la ciencia de nuestra época ya no es la idea de causa sino la de probabilidad ya que en el mundo microscópico hay que recurrir a métodos estadísticos (como son los de la mecánica cuántica) para pronosticar el comportamiento de un sistema. Este tipo de métodos son, de hecho, tan válidos como lo son las relaciones causales. Más aún, en el mundo macroscópico podemos seguir usando, con toda confianza, las relaciones causales obtenidas en el pasado aunque no sean más que una buena aproximación, pues como se ha definido recientemente, existe en la naturaleza un "determinismo estadístico".

Se ha argumentado que aún cuando no pudieran establecerse relaciones causa-efecto esto no implica que la naturaleza no sea causal, pero como a la ciencia competen sólo aquellas cosas que se pueden observar y medir, respecto a la causalidad o no causalidad de la naturaleza, la ciencia no tiene nada que decir.

Todas estas dificultades han dejado un saldo favorable a la ciencia al limpiarla de especulaciones, y delimitar claramente su campo de acción. La ciencia no niega la existencia de las cosas que no puede estudiar con su metodología, no puede negarla, pero tampoco puede decir nada de ellas. Simplemente no son de su competencia, porque en estos casos es la naturaleza misma y no las imperfecciones de las técnicas del momento, la que impide el conocimiento respectivo.

Pero todo esto no sólo cambió el aspecto de las leyes físicas, sino que cambió también, radicalmente, la mentalidad del hombre de ciencia.

Los científicos empezaron a preguntarse si no sería posible que posteriores experimentos pudieran aun modificar las nuevas leyes que ahora se habían establecido y la respuesta inmediata fue que sí. Los científicos se dieron cuenta de que no había ninguna seguridad de que las fórmulas elaboradas por ellos representaran las verdaderas leyes de la naturaleza, sino que simplemente representaban su conocimiento, en un momento dado, del comportamiento de la naturaleza y no había manera de estar seguros de que este conocimiento no sería modificado por observaciones posteriores.

En resumen la posición actual de los físicos respecto a la ciencia que producen, se manifiesta en tres aspectos.

- 1) Que la ciencia no proporciona, ni le compete, el conocimiento de las verdades últimas y absolutas. Lo que no se puede probar o refutar con experimentos u observaciones no es asunto de la ciencia.

- 2) Que el conocimiento científico no es dogmático ni estático, o sea que no podemos ni debemos afirmar que lo que ahora conocemos como "leyes" sean de hecho los mecanismos que gobiernan el funcionamiento de la naturaleza, pues sabemos que sólo son modelos que representan nuestro conocimiento actual y que son siempre susceptibles de correcciones producidas por nuevas observaciones.
- 3) Que, como no se pueden predecir los comportamientos precisos a nivel microscópico,\* debemos disponer, a este nivel, de tratamientos estadísticos aunque en el mundo macroscópico funcionen bien las aproximaciones dadas por relaciones causales y deterministas.

Es decir, que actualmente los científicos tienen más los pies sobre la tierra, gracias al esfuerzo por hacer manifiesto el carácter objetivo de la ciencia al tomar en cuenta las limitaciones que la naturaleza impone a su exploración. La soberbia científica ha recibido tan duros golpes que ya no sólo no cree en lo perfecto de sus conocimientos sino que ha perdido la esperanza de lograr esta perfección. Más aún, ya no sólo no ve cerca el final de sus investigaciones sino que ni siquiera está segura de que este final exista. El conocimiento científico se ha multiplicado y ramificado de tal manera que aunque se tienen más respuestas han surgido muchas más preguntas y se ha afirmado que actualmente, la capacidad del hombre para hacerse preguntas ha sobrepasado su capacidad de respuesta. Temas que a principios de siglo ocupaban unas cuantas páginas en tratados más generales, actualmente comprenden cientos de volúmenes y existen miles de gentes dedicadas a esclarecer los problemas que se han derivado de los estudios que a finales del siglo pasado parecían estar próximos a tener una solución final.

Pero nada de esto ha restado valor a la ciencia porque ahora la vemos no como el camino hacia la verdad, sino hacia el entendimiento y para muchos también la utilidad. Uno de los grandes valores de la ciencia es su poder predictivo el cual no tiene porqué ser necesariamente determinista ya que el conocimiento al que nos lleva la ciencia no es aquel que contemplamos idealmente como sin error, sino aquel que nos permite actuar sin miedo. La verdad de la ciencia no es la verdad de los hechos, la cual no puede ser nunca más aproximada, sino la verdad de las reglas generales que podemos observar en los hechos.

Así pues, el científico moderno, más conciente de cuál es su tarea, confía en la validez de las relaciones que se han obtenido, puesto que

\* Este último postulado en realidad es aún tema de discusión ya que algunas personas piensan que puede haber otras alternativas diferentes a la Mecánica Cuántica que puedan permitir un tratamiento determinista del mundo microscópico.

de otro modo no podría realizar ninguna labor, pero siempre está dispuesto a aceptar nuevas pruebas que modifiquen las interpretaciones de que dispone.

Y esto se puede tipificar con una frase que ya se ha vuelto célebre:

*Si un científico con mucha experiencia y conocimientos afirma que algo es posible, es muy probable que tenga razón; pero si afirma que algo es imposible, seguramente está equivocado.*