

## LAS REVOLUCIONES EN LA PRODUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO y LOS PARADIGMAS CIENTIFICOS

Hasta bien entrado el siglo XVI se daba por sentado que nuestro planeta aparecía como el firme y sólido centro de un sistema de esferas en las que se desplazaban los demás astros. La teoría prevaleciente era la que Ptolomeo había hecho conocer en el siglo II, denominada Sistema Geocéntrico, en cada una de las cuales se situaban los planetas conocidos, la Luna, el Sol, y finalmente las estrellas fijas. A este modelo básico se le añadían algunos elementos secundarios, destinados a explicar de algún modo las irregularidades que presenta el movimiento de ciertos planetas, como Mercurio y Venus. Quedaban, por cierto, muchas otras cosas sin explicar: lo relativo a la naturaleza, distancia y movimientos de dichas esferas; la constitución misma de los astros; la razón por la cual, si todas las cosas caían hacia abajo, no lo hacían también los cuerpos celestes; por qué se producía el ciclo anual y, particularmente, la extraña conducta de los planetas exteriores (Marte, Júpiter y Saturno), consistente en las llamadas "retrocesiones". Ellas eran irregularidades en el movimiento particular de tales cuerpos, según las cuales la posición de los mismos no avanzaba, a veces, noche a noche, como las demás estrellas, sino que retrocedía en su posición relativa. La situación para la astronomía, pues, no era enteramente satisfactoria.

En una época en que se había asentado la convicción en la esfericidad de la Tierra, y en que muchos espíritus cultivados se negaban a aceptar pasivamente todos los postulados del pensamiento escolástico, cabía la posibilidad, al menos, de explorar la hipótesis siempre desechada que colocaba al Sol en el centro del sistema, aunque ésta pareciera negar la palabra bíblica, el sentido común, y hasta algunos datos. Nicolás Copérnico, nacido en Torún, Polonia, decidió hacerlo, y parece que en fecha tan temprana como 1514 comprendió la validez del modelo heliocéntrico.

Poco a poco, examinando las debilidades del sistema ptolemaico y leyendo a los griegos que habían sostenido el enfoque heliocéntrico, Copérnico fue

comprendiendo las insuficiencias de las opiniones vigentes, dedicándose a explorar las ventajas que ofrecía la hipótesis contraria. Entre 1510 y 1514, o tal vez más tarde (esto no se sabe bien) redactó un breve manuscrito donde ya postulaba dos movimientos fundamentales para nuestro planeta, los mismos que hoy conocemos como rotación y traslación. El ensayo circuló entre muy pocos, pues Copérnico no ansiaba una amplia difusión de sus puntos de vista hasta tanto no estuviese completamente seguro de ellos. Hubo que esperar casi treinta años para que su obra capital *De Revolutionibus Orbium Coelestium* fuese finalmente publicada: apareció en 1543, casi coincidiendo con la muerte del autor.

De su análisis otras preguntas inquietantes se derivaban: si todos los cuerpos parecían caer hacia la Tierra, pero ésta no era ya el centro del universo, ¿hacia dónde caía la misma Tierra? ¿Que fuerza la retenía alrededor del Sol, manteniéndola establemente en órbita como los demás planetas? Tales preguntas desafiaban a una ciencia física todavía incipiente, planteando problemas que no era posible resolver, en principio, mediante nuevas observaciones, pues imponían un esfuerzo teórico capaz de llevar al conocimiento de las leyes que regulan el sistema solar. La teoría copernicana se presentaba como una propuesta capaz de abrir nuevos caminos a la indagación, como una nueva perspectiva que estimulaba líneas de pensamiento hasta allí no exploradas. Su fecundidad, por eso, no era su menos importante mérito.

El aporte de Copérnico, se considera una auténtica revolución científico no solamente porque cambió radicalmente los puntos de vista dominantes en la astronomía, sino porque revolucionó además todo el pensar de su época, influenciando gradualmente a campos cada vez más vastos del conocimiento y de la reflexión filosófica en general. Porque si la Tierra no era el centro del universo, sino un simple planeta entre otros de los que giraban en torno al centro del sistema, se quebraban bruscamente muchas de las ideas más firmes que habían sido sostenidas por toda la humanidad. No sólo se ponía en tela de juicio la supuesta verdad revelada de la Biblia -y de otros textos sagrados- lo cual no dejó de

preocupar seriamente a los teólogos y a las iglesias cristianas, sino que se cuestionaba el mismo papel del hombre, como entidad privilegiada en el cosmos.

Hablamos, pues, de una revolución mental, no sólo científica. El fin de la visión geocéntrica supone una ruptura con el ingenuo sentir, con la inmediata percepción de que nosotros, como humanos, estamos en el centro de todo lo creado, tal como psicológicamente nos autopercebimos. Ya no somos entonces los habitantes del único mundo, del eje alrededor del cual todo se organiza, sino los moradores de un cuerpo como otros, lo cual obliga, implícitamente, a una reconsideración de toda la filosofía y teología anteriores, pues ellas no incorporan tan fundamental hecho. No tenemos así ningún privilegio universal, pues nuestro planeta está sujeto a las mismas leyes que rigen el movimiento de todos los otros, aun cuando esas leyes, en aquel momento, no fueran conocidas y sólo fuera dado imaginar su existencia. El mundo, a partir de Copérnico, se agranda súbitamente, se alejan sus confines, a la par que se reduce de un modo proporcional nuestra importancia.

La revolución copernicana no sólo produce, pues, una revisión de la teoría astronómica aceptada como cierta, sino que lleva al replanteo de una infinidad del problema científicos y filosóficos previamente existentes. La investigación post-copernicana será, por ello, más audaz en sus hipótesis pero más recelosa de la experiencia inmediata, de las apariencias que pueden ser falaces; menos proclive a dejarse llevar irreflexivamente por las impresiones, analítica y cauta. Un saludable sentido de crítica, de duda sistemática y escepticismo racional frente al pensamiento heredado, comenzarán a imponerse, especialmente entre los investigadores más lúcidos, en el marco de una cierta relativización de los conceptos. Todo esto, como enseguida veremos, irá dando prontamente sus frutos.

Galileo consiguió trasponer las fronteras de información que el poder del ojo podía alcanzar, confió entusiastamente en el telescopio, una novedad de su tiempo, aplicándolo por primera vez a la observación sistemática de los cielos, encontrándose con datos que probaban la similar constitución de los cuerpos del sistema solar. Con sus primeros y rudimentarios aparatos el sabio italiano descubrió que no era sólo la Tierra la que poseía satélites, pues Júpiter también

tenía cuatro. Vio igualmente los anillos de Saturno, que no interpretó ni pudo explicar, así como la faz de la Luna, cubierta de cráteres e irregularidades que señalaban una constitución física similar a la terrestre. Estos y otros datos ayudaban a sostener la propuesta copernicana.

Galileo había experimentado y razonado profundamente sobre el problema de la caída de los cuerpos, encontrando que todos gravitaban hacia la Tierra con una misma aceleración constante; había propuesto también, aunque en una forma aún algo rudimentaria, el llamado Principio de Inercia. Faltaba, sin embargo, realizar una obra teórica que ligara de un modo preciso los conocimientos empíricos sobre el Sistema Solar con los principios generales que parecían regir al mundo físico, que encontrara una unidad entre los fenómenos que ocurrían en nuestro entorno directo con los que acontecían más allá de la Tierra.

Correspondió a Isaac Newton, un hombre de prodigiosa inteligencia, el logro de vincular coherentemente todos estos problemas. Sobre la base de los aportes mencionados, y de otros que se habían producido a lo largo de los siglos XVI y XVII, Newton pudo elaborar unas pocas leyes generales, muy simples en su formulación, que permitían englobar bajo la luz de un mismo modelo conceptual todos los fenómenos arriba descritos. Estas son las tres leyes sobre el movimiento de los cuerpos y la Ley de Gravitación Universal.

La vasta obra de Newton, que también incursionó con éxito en muchos otros campos de la física y de las matemáticas, no tiene idéntico sentido revolucionario que la de Copérnico. No hay en ella la proposición de un cambio radical de paradigma, lo que suele llamarse un -giro copernicano-, sino una voluntad de teorización general capaz de llevar a la comprensión, por medio de pocos principios o leyes universales, de todo el variado espectáculo de hechos que se ofrecen a la observación. Los hallazgos de Newton son el fruto de un esfuerzo de abstracción, en el recto sentido del término, que opera sobre el camino abierto por las generalizaciones anteriores. Ellos nos proponen una visión armónica y global de la naturaleza que se constituye en un hito decisivo para el pensamiento, dando a la humanidad, por primera vez, la posibilidad de comprender de un modo sistemático

la estructura del cosmos a partir de unos pocos conceptos elementales vinculados de un modo racional.

La visión antropocéntrica, ingenua, firmemente cuestionada por la anterior revolución copernicana, quedaba así prácticamente eliminada del mundo físico. Si Copérnico había abatido esa perspectiva primaria, las aportaciones teóricas posteriores no sólo confirmaban los fructífero y valioso de su punto de vista, sino que ampliaban coherentemente el campo del entendimiento humano. La hipótesis se afirmaba sobre nuevas pruebas y, sobre ellas, se construía un modelo sistemático que permitiría seguir ensanchando el camino de los descubrimientos, profundizando en la estructura del universo, extendiendo las fronteras de aquello que el hombre podía decir, de algún modo, que entendía. .

Hacia fines del siglo pasado la física, que se había desarrollado vertiginosamente después de Newton, atravesaba una etapa de crisis. Muchos descubrimientos se habían ido acumulando, particularmente en indagaciones sobre la electricidad y el magnetismo, que arrojaban nuevos conocimientos sobre la luz, la naturaleza íntima de la materia y las ondas electromagnéticas en general. Los nombres de Maxwell y de Planck, entre otros, destacaban en estas fructíferas líneas de trabajo, asociadas con nuevos conceptos como los de campo electromagnético y quanta de energía. Pero había una dificultad: los recientes descubrimientos no parecían poder incorporarse con sencillez a los fundamentos de la mecánica clásica (la que se derivaba de las leyes de Newton), puesto que se producían incompatibilidades teóricas manifiestas al hacerlo, podríamos decir, había ya en el ambiente la percepción de que una nueva etapa teórica debía abrirse para organizar intelectualmente el conjunto de leyes que iban apareciendo continuamente.

Fue Einstein quien, a la edad de sólo 26 años, recogió los hilos dispersos y propuso, en un breve artículo, la que luego sería llamada Teoría de la Relatividad Especial (para distinguirla de la Teoría de la Relatividad General, elaborada once años más tarde, que daba un contenido universal a sus proposiciones). “Si las leyes de la electrodinámica y la óptica son válidas para cualquier punto de referencia en que también sean válidas las leyes de la mecánica” -decía Einstein- Interrogandose

lúcidamente respecto al significado de la noción de simultaneidad, por medio de suposiciones o -experimentos mentales-, que consistían en imaginar determinadas situaciones, extrayendo luego de ellas las consecuencias lógicas necesarias, logró arribar así a una conclusión perfectamente compatible con los supuestos que enunciaba y que conservaba la validez de todas las leyes físicas conocidas, aunque se oponía brutalmente al sentido común: no se puede asignar una significación absoluta al concepto de simultaneidad por lo que el tiempo, por así decir, discurre de un modo diferente según el sistema de referencia en que nos hallemos. No hay un tiempo absoluto ni tampoco, en correspondencia, un espacio o sistema de referencia absoluto, sino que éstos son diferentes según el punto de vista que adoptemos. Una vez aceptada esta relatividad del espacio y del tiempo es posible conservar, sin embargo, la invariancia de las leyes de la óptica y de la electrodinámica. Tiempo después aclararía: "Antes de la teoría de la relatividad, la física supuso siempre tácitamente que el significado de los datos temporales era absoluto, es decir, independiente del estado de movimiento del cuerpo de referencia."

A partir de la nueva teoría, en cambio, no sólo el reposo o el movimiento pasaban a ser categorías siempre relativas, sino que también el tiempo resultaba un elemento asociado a cada sistema de referencia y, por lo tanto, variable como éstos. (Einstein, A., Sobre la Teoría Especial y la Teoría General de la Relatividad p. 80.)

Con la Teoría de la Relatividad y su influencia sobre el pensamiento científico, de algún modo, se repite el tipo de trabajo intelectual que había realizado ya Copérnico, y que parece característico de todas las profundas revoluciones científicas conocidas.

"...la distancia y la duración -y todas las magnitudes físicas derivadas de ellas- no tienen relación (como hasta ahora se suponía) con algo absoluto del mundo externo, sino que son magnitudes relativas que varían al pasar de un observador a otro con un movimiento distinto." (Ibid, p. 140.)

Ciencia y técnica, conocimientos puros y aplicados, están estrechamente vinculados, y es innegable los grandes avances y hallazgos realizados. Los físicos han descubierto decenas de partículas subatómicas, aún mucho más elementos que los protones y electrones; los bioquímicos desentrañan la estructura molecular y cada día sintetizan componentes más complejos de las estructuras vitales; los mecanismos que gobiernan la herencia, el clima y hasta el propio pensamiento, son comprendidos cada vez con más exactitud. En fin, la lista podría proseguirse sin riesgo de agotarla, llenando páginas y páginas con la simple enumeración de resultados.

Pero, cuando de conocernos a nosotros mismos se trata, las cosas parecen cambiar radicalmente. Apenas si entendemos la forma en que se reparte la riqueza en nuestro planeta, teniendo que una quinta parte de la humanidad corre permanentemente el riesgo de morir de hambre, son analfabetas, y sufren las más simples enfermedades, mientras se acumulan devastadores arsenales, crisis políticas estallan súbitamente, sin que podamos preverlas sino poco antes de que comiencen, del mismo modo que varían el estado de ánimo y las ideas de las poblaciones o que se modifican instituciones tan importantes como la familia, la empresa o el Estado. Un desnivel evidente en los conocimientos científicos se percibe por el observador menos avisado: mientras la humanidad ha alcanzado a saber cómo nacen, evolucionan y mueren las lejanas estrellas, no es capaz, en cambio, de conocer conscientemente sus sentimientos y valores, o de entender la forma en que maduran las instituciones políticas y sociales.