

EL COMIENZO DEL FIN DEL ANTROPOCENTRISMO

Una nítida ondulación de los lomajes, sin fuerte contraste de colores; un ojear frecuente de la luz entre los castaños, las hayas y las encinas, que desaparece paulatinamente hacia la espesura de los balsámicos y místicos abetales; solemnidad ascética de desmedidas mareas de arcilla azulada, árida, agrietada, dominada por abadías silentes; un plateado suave y un desvanecido pardusco de los olivos, pequeños, retorcidos y atormentados; llanuras densas de árboles bien alineados, limitadas por colinas terrazadas, violetas, donde la vid, débil y tenaz, se alimenta del antiguo pedregullo marmóreo y de un sol luminoso, aunque no deslumbrante, y de aire tibio o cálido, empero, picante y liviano; cipreses que susurran en grupos pequeños o como peregrinos solitarios, rompiendo el equilibrio tranquilo de una vena suave de melancolía, dulce y contemplativa. Hombres de intuición, medidos, tolerantes, de un humorismo suavemente escéptico había todos los excesos, con respecto de lo divino y humano en cada criatura, espontáneos y positivos, entre los cuales nunca hubo filósofos profesionales, aunque sí sabios y artistas.

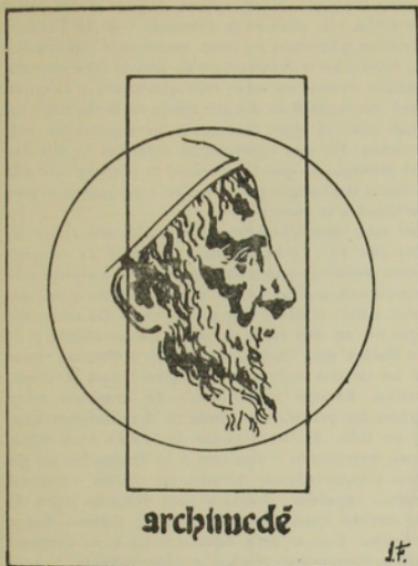
Con la nostalgia de volver a ver el sereno y justo equilibrio entre las cualidades intelectuales y el hechizo de la naturaleza de su Toscana nativa, cerraba los ojos el día 17 de febrero de 1564, hace cuatrocientos años, Miguel Angel, el titánico artista que, junto con Leonardo, había amalgamado el anhelo hacia la belleza con la aspiración por una todavía más profunda comprensión de la naturaleza y de las relaciones entre el Hombre y el Universo.

En el mismo día, Galileo Galilei abría los ojos por primera vez en aquel mismo ambiente, cuyo paisaje recuerda mucho el Valle Central de Chile, en su porción más cultivada, frente a las primeras lomas de la Cordillera de la Costa, llano y lomas donde viven los huasos, los cuales por su contestación siempre pronta, sutil y algo escéptica, recuerdan bastante a los campesinos toscanos.

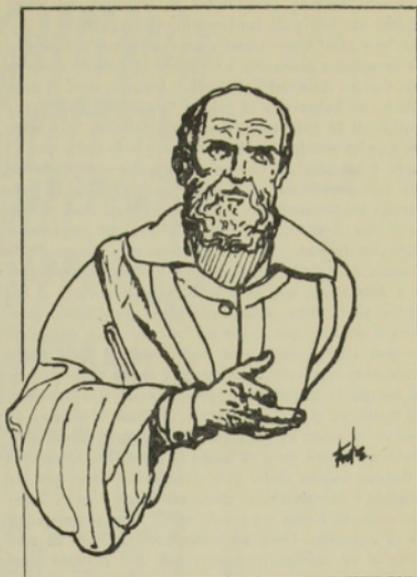
Su padre, matemático y compositor de óptima música, se había trasladado de Pescia a Pisa, donde nació el primogénito Galileo. Aquí, Galileo estudió medicina, aunque nunca pudo recibirse. Se dedicó a la matemática y a la física, por lo cual a los veinticinco años fue profesor de aquella universidad. Con sus experiencias sobre la caída de los graves, realizada por primera vez posiblemente en la Torre de Pisa, y por algunos poemas desbocados contra los peripatéticos togados, tuvo que irse a Padua y después a Venecia, donde pasó "los mejores 18 años de su vida", consiguiendo un cierto bienestar, a pesar de haber sido siempre lo que se llama un derrochador. Hasta avanzada edad fue un mujeriego, nunca se casó y tuvo dos hijas (de las cuales, una monja) y un hijo. Nunca desdeñó las buenas tertulias de amigos, la buena cocina y el Chianti. Frisando ya los cincuenta años, se trasladó a Florencia, invitado por

por el prof. Dr. GIOVANNI CECIONI

Ilustraciones de José Frutos



Arquímedes



Galileo Galilei

Cosimo II. Allí vivió sus últimos treinta años, amargado por los ataques de sus envidiosos enemigos y por la condena de la Iglesia contra los argumentos proporcionados en apoyo a la teoría heliocéntrica de Copérnico. La muerte lo alcanzó a los 78 años, la tarde del 5 de enero de 1642, en Arcetri, confortado por la presencia de su hijo, de sus devotos alumnos Viviani y Torricelli, y por la bendición especial del Papa Urbano VIII. En el mismo año nació Newton, para recoger la herencia de Galileo.

Cuando nació Galileo, Leonardo y Copérnico habían ya desaparecido de la escena del mundo y el joven Giordano Bruno se volvía cada vez más rígido en su intransigencia filosófica, aceptando la idea heliocéntrica de Heráclito, Parménides y del astrónomo polaco. El enorme peso de las ideas metafísicas había ahogado el desarrollo científico en la Edad Media, deteniéndolo en la altura en que el genio de Arquímedes lo había levantado. Una revolución filosófica estaba madurando, y abriría a la humanidad, un poco prematuramente, el umbral del mundo moderno. Con los grandes del quinientos toscano, arte y ciencia fueron metas inseparables; el humanismo nació no sólo de las aspira-

ciones artísticas, literarias y filológicas, sino también de la pasión por reanudar la interrumpida marcha del más alto pensamiento, de la geometría y de la mecánica.

Si en su primera juventud Galileo pensó detenidamente en la lógica demostrativa de Aristóteles, poco después se orientó hacia Demócrito y Platón. Demócrito, que con Leucipo formuló la hipótesis atómica y buscó una explicación cinética de la génesis de los mundos, fue verdaderamente el Galileo de la ciencia griega, así como Aristarco de Samos fuera el Copérnico. Repugnaba al filósofo atomista la pseudociencia del "por qué", de la búsqueda de las causas últimas, que fue después, en cambio, la delicia de los aristotélicos; lo que quería entender era el "cómo" de los fenómenos.

En esta olvidada y profunda corriente del pensamiento griego, encontró Galileo una correspondencia con las intuiciones de su genio, que lo conducían hacia un nuevo racionalismo experimental. Encontró así una primera orientación de sus visiones matemáticas en las ideas mecánicas e infinitesimales de Arquímedes y esta orientación lleva a sus alumnos a la fundación del aná-

lisis infinitesimal, abriéndolos al concepto del movimiento variado y de las leyes que lo regulan.

No "por qué" sino "cómo"; los fenómenos tienen que ser estudiados como son y no como el filósofo desearía que fueran. Aristóteles, filósofo y biólogo, tuvo el gran defecto de haber sido el primer "profesor", en el peor sentido de la palabra, es decir, con Galileo, "del hombre que ha venido con el fin de arreglarlo todo, que... juzga y manda, así es que cuando ha terminado no hay más problemas". Y Galileo se dio cuenta de esto cuando los peripatéticos del quinientos en Pisa y otros en Padua desvirtuaron, con el abuso del mecanismo dialéctico formal, hasta los motivos más firmes de la filosofía de Aristóteles. Si Galileo apreciaba dignamente a Aristóteles, con otro tanto desdén acusaba a sus tardíos partidarios. ¿Cómo es posible que Galileo accediera a admitir que todos los cuerpos están compuestos por cuatro elementos, cuyo número había sido establecido a priori? ¿Cómo pensar que la velocidad de un cuerpo es inversamente proporcional a la densidad del medio en el cual se desplaza, llegando al sofisma de que en el vacío es infinita? Es de aquel entonces el problema acerca de si el humo es nutritivo. Aristóteles y Galeno habían dicho que el alimento tiene que ser tangible y transformarse en el estómago y en el hígado; como el humo no puede tener estas propiedades, no es nutritivo. Unos años después, Molière, en una sátira a un médico, pregunta por qué el opio hace dormir; porque —dirían los neorristotélicos— el opio tiene la virtud "dormitiva".

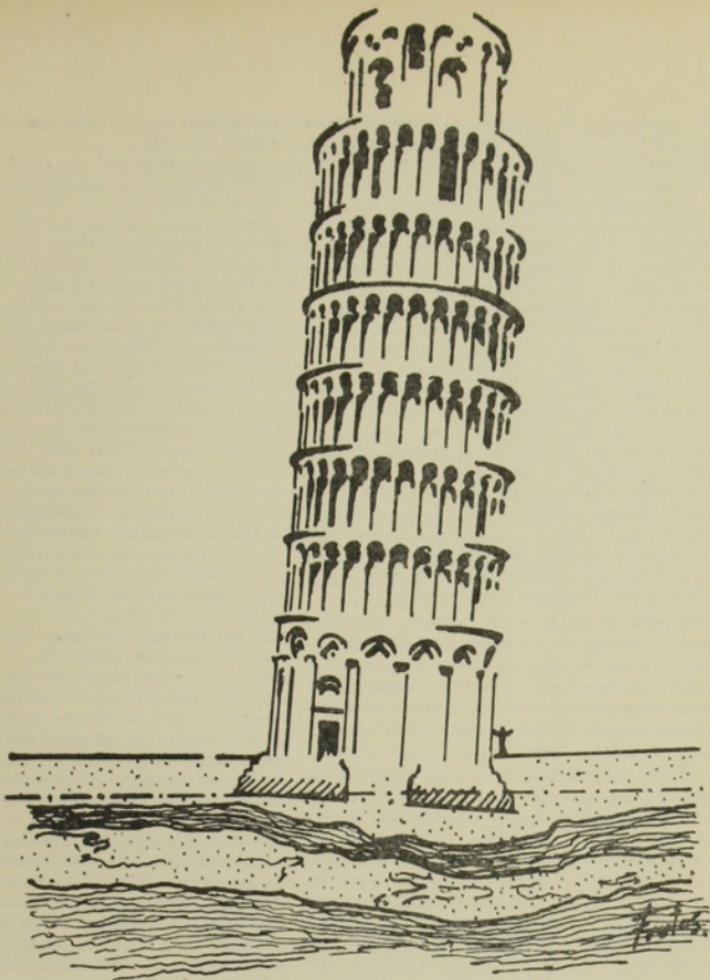
Era ya demasiado evidente que los neorristotélicos vivían de las observaciones que Aristóteles hizo, especialmente en el campo de la biología, y que se negaban a volver a la naturaleza y a continuar observando. Si en la interpretación de un testamento —dice Galileo— hubiera líos y discordias, y el que hizo el testamento volviera a vivir, sería ilógico seguir interpretando el testamento en lugar de consultarlo a él, que lo hizo; así, es también ilógico ir a buscar en los libros de nuestros antepasados en vez de consultar el propio libro de la naturaleza. Y, para terminar, a la pregunta de por qué el agua sube por la cañería de las bombas, los peripatéticos contestaban: porque la naturaleza tiene horror al vacío. Galileo, aludiendo al hecho de que el agua no puede subir sino hasta un determinado límite, dio una contestación tan célebre como de exquisito sabor toscano: "Así es, y quiere decir que el horror de la naturaleza no puede pasar de las 18 brazas". El ambiente toscano de entonces era el más idóneo para el desarrollo de un genio; el interés por la cultura y especialmente por las matemáticas no estaba limitado a unos pocos especialistas, sino que a todas las clases del pueblo.

Los Médicis y la aristocracia florentina fomentaban y participaban de la intensa vida intelectual de la ciudad

y eran frecuentes los banquetes, después de los cuales los sabios más célebres de Florencia y de la Toscana, discutían problemas de física, astronomía y matemática, como éstos se presentaban. En uno de tales convites, Galileo, creando en torno suyo admiración y consenso, tuvo oportunidad de discutir acerca de la flotación del hielo sobre el agua, derrotando los argumentos peripatéticos. En otra oportunidad demostró la falsedad del principio de que la velocidad es proporcional a la potencia del cuerpo que se mueve e inversamente proporcional a la resistencia.

Este falso principio había sido considerado como válido aun por Leonardo, cuya dinámica es esencialmente medieval y todavía imbuida por los principios aristotélicos, a pesar de que el sorprendente e inalcanzable artista y sabio, sobrepasó a todos los sabios del siglo XVI no sólo en la mecánica de los sólidos y de los fluidos, sino también en muchas y distintas ramas de las ciencias, superando en algunos casos al mismo Galileo. Empero la influencia de Leonardo sobre Galileo fue prácticamente nula en el campo científico: de un lado, el célebre pintor de Monna Lisa, misterioso, introvertido y contrario a la divulgación de sus ideas y observaciones; de otro, un Galileo —y su escuela— impulsivo, abierto y poco diligente lector de los escritos ajenos, especialmente de Gilbert, Bacon y Kepler. Esto se debe especialmente a su temperamento fuertemente original e independiente, y a la reacción que se había desarrollado en él, todavía más violenta, contra los neorristotélicos, cuya filosofía se apoyaba exclusivamente sobre la autoridad de textos venerandos, sobre los cuales por siglos la generalidad de los sabios había jurado (*iuro in verba magistris*), sin aportar observaciones verdaderamente originales, personales, de crítica y de reflexión. Si es verdad que muchos genios e innovadores fueron pésimos ratones de biblioteca (el toscano Migliorini, ilustrado en el número 44 de este mismo Boletín, es otro ejemplo), debido a que, descubierta la veta cultural que armoniza con su genio, sienten la imperiosa necesidad de abandonarse al estro creativo, con espíritu virgen, es también cierto que Galileo nunca mencionó en sus estudios las leyes de Kepler, la tercera de las cuales, descubierta en 1618, fue publicada en 1619, veintitrés años antes de la muerte de Galileo.

Arquímedes, olvidado por los sabios de Grecia, de Roma y de la Edad Media (y —caso curioso— no por el abogado Cicerón) vuelve a revivir después de 18 siglos, con el humanismo, porque los matemáticos humanistas como Tartaglia y Dal Monte, juzgaron necesaria la traducción y los comentarios a las obras del gran siracusano. No es Leonardo, que no tuvo ni escuela ni alumnos, el precursor de Galileo, sino Arquímedes; y son Demócrito y Platón los que se acercan más al gran pisano y no Aristóteles. Fibonacci, tam-



La Torre de Pisa, desde la cual se presume que Galileo efectuó las primeras experiencias sobre la caída de los graves, aprovechando su inquietante inclinación. Se pone en evidencia el perfil geológico de los terrenos de fundación de la torre, los cuales proporcionan una prueba más que dicha inclinación es debida a la presión, siempre más alta, que el histórico monumento ejerce sobre el substrato. La inclinación, que no fue intencional como a menudo se cree, se empezó a verificar después de haberse construido la corrida más baja de las columnas libres (más de 5.500 ton.), y aumentó durante la construcción, aunque se la corregía a medida que avanzaban los trabajos, siendo el eje de la torre con inclinación variada. Actualmente la inclinación aumenta cada año. Se ha calculado que la actual carga es de 10 kg. por cm^2 , más de 10 veces superior al máximo permitido en terrenos semejantes en el llano de Pisa. Bajo esta presión, el terreno arcilloso (cuyo contenido en agua es del 60% del peso seco) se

compacta siempre más, sin embargo no expulsa toda el agua, por lo cual continuará cediendo aun por mucho tiempo. El acontecimiento que se teme no ha de ser debido tanto al desplazamiento de la proyección del baricentro sobre el plan de la fundación, cuanto al aumento del desequilibrio de presión que en el terreno arcilloso puede producir facturas de cizalle, bien conocidas por los geotécnicos. Una ruptura de este tipo puede producirse de improviso, sin movimientos precursores que puedan ser registrados por los numerosos aparatos instalados en la torre. La geotecnia todavía no ha encontrado un método para aumentar la capacidad portadora del terreno arcilloso, sin alterar su volumen. El problema es cómo alcanzar a establecer una presión uniforme sobre el plan de apoyo de la torre. Terrenos con rayas=arcillas (arriba amarillentas, debajo azuladas); punteado=limos acuíferos con delgadas intercalaciones de arenas

bién pisano, que al amanecer del doscientos había dado a Europa el primer libro de álgebra, encierra, formalmente, la sabiduría india y árabe, y, conceptualmente, el álgebra geométrica de los autores griegos; es él quien estimula a los algebraistas máximos de Bolonia del quinientos —Tartaglia, Cardano, Ferrari y Bombelli— y los descubrimientos que franqueaban las columnas de Hércules de la ciencia, después de siglos de pausa, y que pasaron al mundo con las soluciones de las ecuaciones de tercer y cuarto grados, y con la introducción de los imaginarios. Fueron ellos quienes nutrieron al joven Galileo, quien pudo así actuar de pilar entre la ciencia griega y la nuestra. Otro magnífico pilar habría sido Leonardo, si hubiera dado a conocer sus escritos, en los cuales se manifiesta claro el concepto de que para tener conocimiento seguro del experimento es necesario que éste pueda ser reproducido cuantas veces se quiera. El, como Galileo, y prácticamente nunca antes, fue el primero en inventar instrumentos con la única mira de afinar las observaciones y de hacerlas menos empíricas, tomando así éstas un carácter sistemático, que sólo se había desarrollado y mantenido en el campo de la anatomía, instaurado por Hipócrates.

El telescopio, ideado ya por Della Porta, Leonardo y Lipperhey, alcanza en las manos de Galileo la perfección máxima en aquellos tiempos. El misterio de los cielos, revelado por los aristotélicos, empieza a ser investigado y con éste también el misterio de lo infinitamente pequeño. Infinito e infinitesimal, conceptos que los matemáticos antiguos habían dejado en la sombra, o a los que se habían acercado con una vacilación temblorosa, con excepción de Arquímedes y de unos pocos más, representan bajo el punto de vista conceptual y físico, la meta de Galileo y sus discípulos. La vieja astronomía tolemaica tiene que inventar epiciclos, diferentes y excentricos, con el fin de salvar las *apparentia* (velocidad y distancias distintas; direcciones alternas y opuestas de los astros, etc.), invenciones, suposiciones e hipótesis, que sólo Kepler pudo borrar de una vez, usando las órbitas elípticas. A pesar de que el sistema geocéntrico tolemaico fuera en tiempos de Galileo admitido y usado en todas las clases y escuelas, el sistema copernicano era conocido y profesado por unos cuantos, también antes de Galileo, y —curiosamente— muchos de éstos eran eclesiásticos, como el cardenal Nicolo de Cusa (1401-1464), el cual escribía (*De Docta Ignorantia*, II, 11) "*Terra, quae mundi centrum esse nequit, motu omni carere non potest*". Widmanstetter en 1533 (cien años antes del proceso a Galileo) explica en los jardines vaticanos al Papa Clemente VII la *copernicanam sententiam de motu telluris* y fue premiado por el Papa con un código griego. El acontecimiento fue recordado en un már-

mol colocado en la primera escala de acceso al Observatorio Vaticano.

El canónigo Copérnico, en su último año de edad (1543) de los setenta años, publica en Nuremberg el famoso *De Revolutionibus Orbium Coelestium*, dedicado a Paulo III y avalado por altos prelados. Los planetas, comprendida la Tierra, tienen movimientos de rotación y revolución. Unas pocas décadas después (1584) el padre Diego de Stunica, tal vez por primera vez, enseña el sistema copernicano en una universidad, la de Salamanca, considerándolo superior al tolemaico: "*Copernicus... planetarum cursus declarat; nec dubium est qui longe melius et certius planetarum loca ex ejus doctrina quam ex magna Ptolomei compositione et aliorum placitis reperiantur*".

La Iglesia católica romana no reacciona frente al trabajo de Copérnico hasta 1616, cuando lo declara interdicho "*donec corrigatur*". Sin embargo es aún más curioso que los primeros enemigos encarnizados de Copérnico fueran los protestantes, contra los cuales el Concilio de Trento (1545-1563) se había levantado afirmando que los únicos intérpretes de la Biblia eran en exclusividad los padres de la Iglesia romana. Lutero, muerto tres años después de Copérnico, exclama furioso:

"En las Sagradas Escrituras, Josué ordena al sol que se detenga y no a la tierra".

¿Por qué, entonces, la intimación de la Iglesia romana a Galileo (1616) y luego la condena y la adjuración en 1633, después de 73 años de indiferencia y hasta de estímulo hacia el heliocentrismo copernicano? ¿Por qué la Iglesia romana sólo en 1822 quita del Index la obra de Copérnico, reconociendo este sistema como una verdad y no como una hipótesis? ¿Es tal vez porque el decreto del Santo Oficio es respetado sólo en apariencia y porque paulatinamente todo el mundo había aceptado la idea copernicana en estos 200 años? Es curioso; sin embargo no parece que esta decisión haya sido tomada como consecuencia del descubrimiento de la aberración de la luz de las estrellas. Una de las primeras impresiones que se tiene es que la Iglesia quiso ponderar sus decisiones. Sin embargo, esto no es correcto al menos en el caso del apuro con el cual los once calificadores o expertos redactaron desde el 19 hasta el 24 del mes de febrero de 1616, el documento pedido por el Tribunal de la Inquisición, del cual resulta, entre otras cosas: "*Propositio prima: Sol est centrum mundi, et omnino immobilis motu locali. Censura: Omnes dixerunt, dictam propositionem esse stultam et absurdam in philosophia, et formaliter hereticam, cuatenus contradicit expresse sententiis Sacrae Scripturae in multis locis secundum proprietatem verborum et secundum communem expositionem et sensum Sanctorum Patrum et theologorum doctorum. Propositio secunda: Terra non est centrum mundi*

nec immobilis, sed secundum se totam movetur, etiam motu diurno. Censura: Omnex dixerunt, hanc propositionem recipere eandem censuram in philosophia; et spectando veritatem theologicam, ad minus esse in Fide erroneam".

Ahora otra cosa curiosa: estos mismos once expertos, que unánime y decididamente contestaron en menos de seis días en materia tan grave, tal vez extraña o poco familiar a algunos de ellos, imponían un *corrigatur* y terminaban con un encomio: "*Praedictos libros Copernici omnino pro utilitatem Republicae Christianae conservandos ac sustinendos esse*". ¿Con el *corrigatur* querían acaso que el mismo sistema fuera presentado en forma hipotética? ¿Cómo puede una hipótesis, en este caso necesariamente de trabajo, ser estulta, absurda, herética y errónea?

Osiander, quien había sustituido el prefacio original de Copérnico por una larga disertación (el manuscrito de Copérnico fue encontrado en Varsovia en 1800), presenta el sistema heliocéntrico efectivamente como una hipótesis, una ficción matemática, que permite a los lectores una representación más agradable del complejo movimiento de los astros. Copérnico y Galileo (públicamente copernicano no antes del 1610) no dieron pruebas apodícticas (demostrativas y consecuentemente convincentes) del sistema heliocéntrico. La reforma del calendario, después del salto de once días, desde el 4 al 15 de octubre de 1582, había dejado el mundo como estaba y —otro hecho curioso— no había preparado a los hombres para innovaciones astronómicas, siguiendo imperante el embrollado sistema de Tolomeo. Al sistema copernicano le faltaban pruebas absolutas, y Galileo ofreció en su apoyo las mareas y las manchas solares. Evidentemente con estos argumentos no pudo comprobar nada porque se trata de fenómenos explicables indiferentemente con los dos sistemas. El descubrimiento de los satélites de Júpiter, que Galileo vio por primera vez el 7 de enero de 1610, no fue aceptado como prueba por los tolemaicos. Transformado Júpiter en un cuerpo celeste más complejo, estos se mantuvieron en la opinión de que habría podido girar todavía alrededor de la Tierra.

Las fases de Venus, intuitivas por Copérnico y demostradas por Galileo en diciembre del mismo año, presentaban un argumento mucho más eficaz a favor del sistema heliocéntrico. Sin embargo los tolemaicos afirmaron que éstas podrían explicarse con el antiguo sistema egipcio o con el recentísimo de Tico-Brahe (1546-1601), el cual colocaba a Venus y Mercurio como planetas alrededor del Sol, aunque dejaba inmóvil a la Tierra.

En 1618 se presentó oportunamente un cometa, que sirvió, en vez, para hacer aun más violenta la lucha entre los partidarios de los dos sistemas.

Con las leyes de Kepler en la mano, Galileo habría podido deducir que el Sol con sus planetas, así como Júpiter con sus cuatro lunas, constituían familias verdaderas, cada una con su característica propia, y la Tierra un planeta ligado al Sol. Empero, otra cosa curiosa: de las leyes de Kepler no hay una palabra en los escritos de Galileo, el cual estaba en contacto epistolar con Kepler. Es evidente que no se presentaron pruebas apodícticas y que fueran necesarios unos años más antes de llegarse a las pruebas ofrecidas por la aberración de la luz de las estrellas (Bradley, 1725-29), por el péndulo y el giroscopio de Foucault (1815). Si por un lado es incomprensible que los neorristótelos quedaran agarrados al engorroso sistema tolemaico, que hacía agua por todas partes, imprudentes e impacientes en el sentenciar, por el otro, el nuevo sistema que modificaba la faz del mundo, todavía inmaduro para ser recibido, se presentaba sólo con argumentos de probabilidad y pruebas de conveniencia. La lucha se desplazó así, infausta e inoportuna, hacia el terreno de la Biblia y de allí a los hechos conocidos y a las numerosas curiosidades sobre el problema galileano, que en parte han sido mencionados ahora y no la última aquella de la condena de Galileo firmada por siete cardenales y no ratificada por el Papa Urbano VIII. ¿Condena ilegal? ¿Un descuido burocrático o piedad? No podemos interpretarlo ahora, aunque sabemos que Urbano VIII fue un excelente astrónomo y un admirador de Galileo; siendo todavía cardenal Barberini, había aconsejado paternalmente al astrónomo pisano a "hablar cauto y como profesor de matemáticas", es decir sin meterse en discusiones teológicas.

Las humillaciones, los sufrimientos de Galileo, que muere ciego con el título de Linceo (Academia pontificia que toma el nombre del gato Lince, famoso por su vista aguda), y su obstinación, no sólo llamaron la atención de los sabios de entonces, sino que promovieron el triunfo de Copérnico.

Este capítulo de la historia de la ciencia está lleno de incongruencias en los hechos y en los juicios. La imaginación de entonces y posterior (como, por ejemplo, el Papa en la condición de Simplicio, las torturas, la cárcel, el "eppur si muove"), aumentan todavía más las dificultades para interpretar objetivamente los acontecimientos. Las legislaciones de entonces, las tradiciones, las condiciones del tiempo y de los hombres, son otros tantos obstáculos que impiden que la sinceridad y la equidad se abran camino. La historia de la ciencia puede hacer indagaciones sobre cómo se desarrollaron los acontecimientos, empero no podrá ir muy lejos si desea conocer los distintos impulsos de los hombres y el porqué de que actuaran erróneamente o imprudentemente o exageradamente. Para esto existe el psicoanálisis.

A pesar de estas dificultades, parece bastante evidente que el impulso principal que movió la lucha contra el heliocentrismo no fue tanto el sistema mecánico en sí mismo, cuanto el hecho de que el geocentrismo había dado lugar a un mundo físico mucho más engorroso bajo el punto de vista astronómico, si bien había conservado al hombre en el centro del universo. Esta fue también la causa de la fácil victoria de Aristóteles sobre Demócrito y Aristarco. Y los neoplatónicos

buscaron la manera de conservar la posición privilegiada, egoísta y vanidosa del antropocentrismo más bien que del geocentrismo, y, generalizando, tal vez, conservar a toda costa un cuerpo celestial central, la Tierra, mimada de la creación, espantados por la idea de que alguien, subiendo unos peldaños más, fácilmente podría postular una vida en otros planetas.