

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEON

---

COMITE EDITORIAL DEL CURSO DE EVOLUCION DE  
LA CIVILIZACION CONTEMPORANEA DE LA  
FACULTAD DE ECONOMIA

EVOLUCION DE LA CIVILIZACION  
CONTEMPORANEA

CAPITULO IX. EL DESARROLLO DE LA  
CIENCIA MODERNA

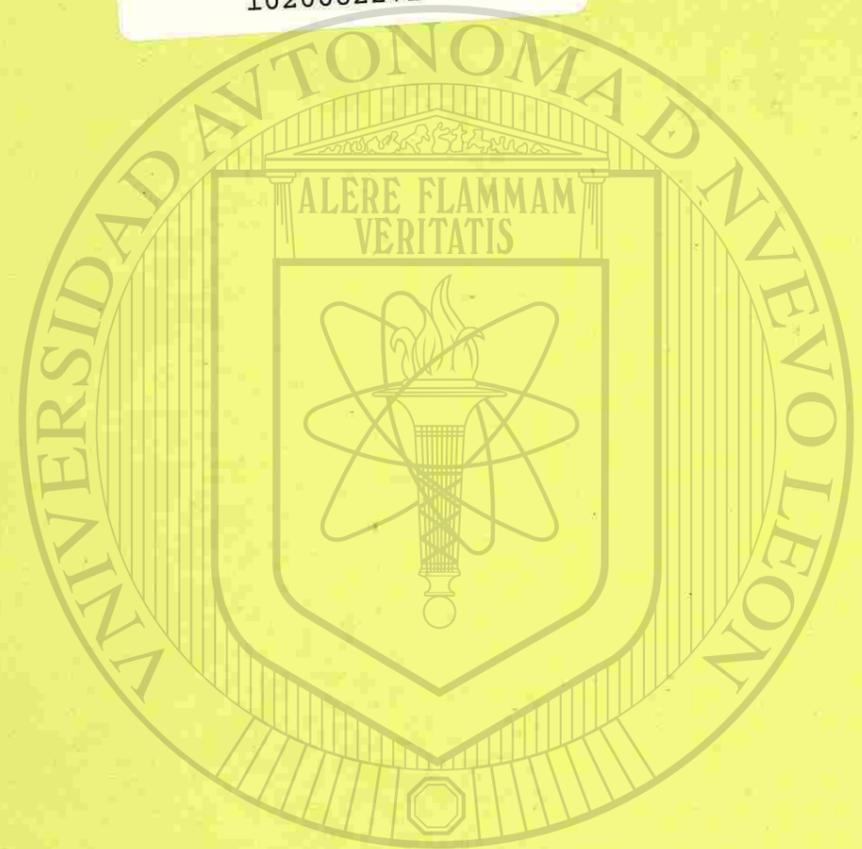
---

Monterrey, N.L. 1964.

Q175  
U55  
Ej. 2



Q175  
USJ

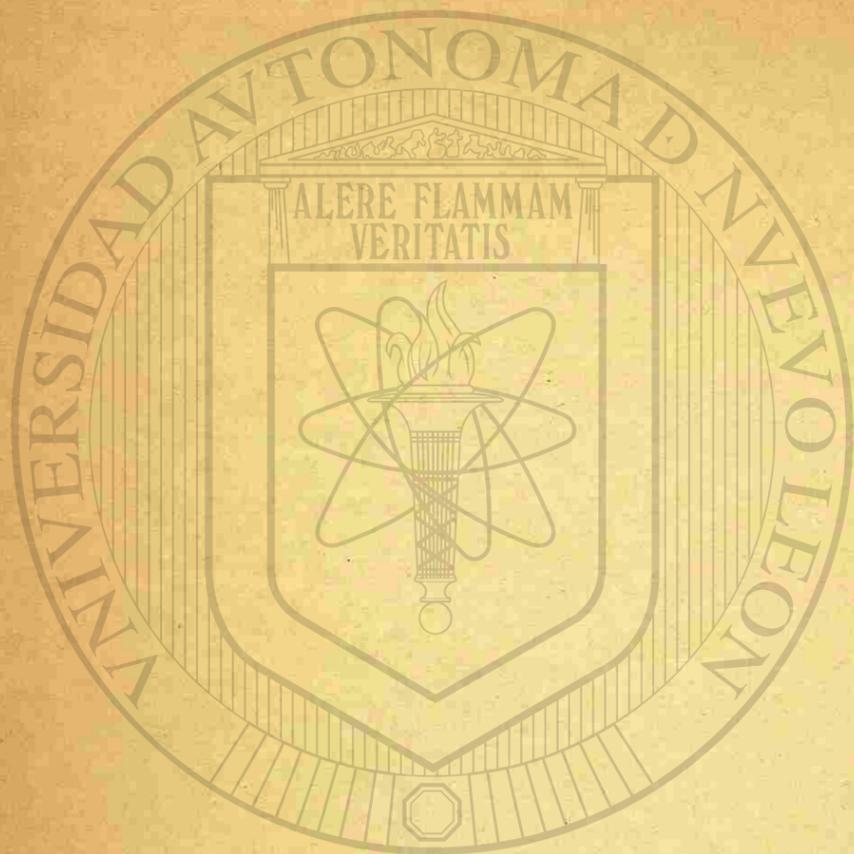


U A N L

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS





# U A N L

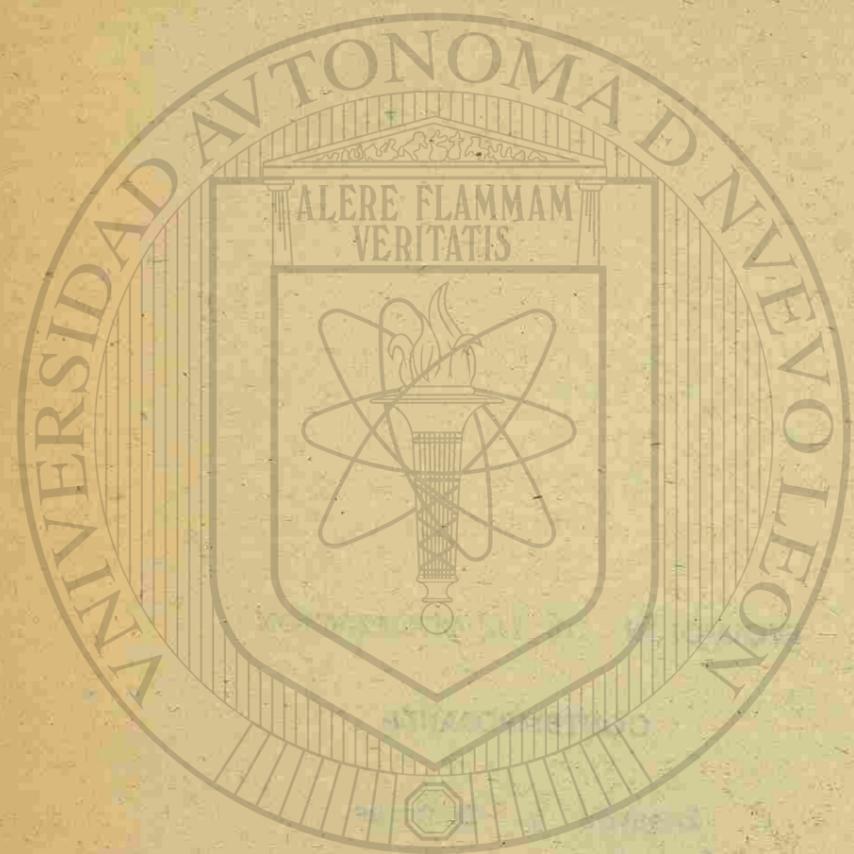
EVOLUCION DE LA CIVILIZACION  
CONTEMPORANEA  
Ensayos y Lecturas.

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS





UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN

COMITE EDITORIAL DEL CURSO DE EVOLUCION DE LA  
CIVILIZACION CONTEMPORANEA DE LA  
FACULTAD DE ECONOMIA

EVOLUCION DE LA CIVILIZACION  
CONTEMPORANEA

CAPITULO IX: EL DESARROLLO DE LA CIENCIA MODERNA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



FONDO GENERAL  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Monterrey, N. L., 1964.

la. edición: 1964.

Q 175.  
USS  
E-2



(c) Derechos asegurados con  
forme a la Ley. Esta edi  
ción es propiedad de la  
Facultad de Economía de la  
Universidad de Nuevo León.

Portada de Pablo Flores



FONDO UNIVERSITARIO

158455

Impreso en México.

CAPITULO IX

EL DESARROLLO DE LA CIENCIA MODERNA\*

La edad de la fe.

Las condiciones de la producción feudal redujeron a un mí  
mo la demanda de una ciencia útil, sin que volviera a aumentar has  
ta que el comercio y la navegación crearon nuevas necesidades en  
las postrimerías de la Edad Media. El esfuerzo intelectual se orien  
tó en otras direcciones, poniéndose principalmente al servicio de  
esa característica radicalmente nueva de la civilización: la fe reli  
giosa organizada.

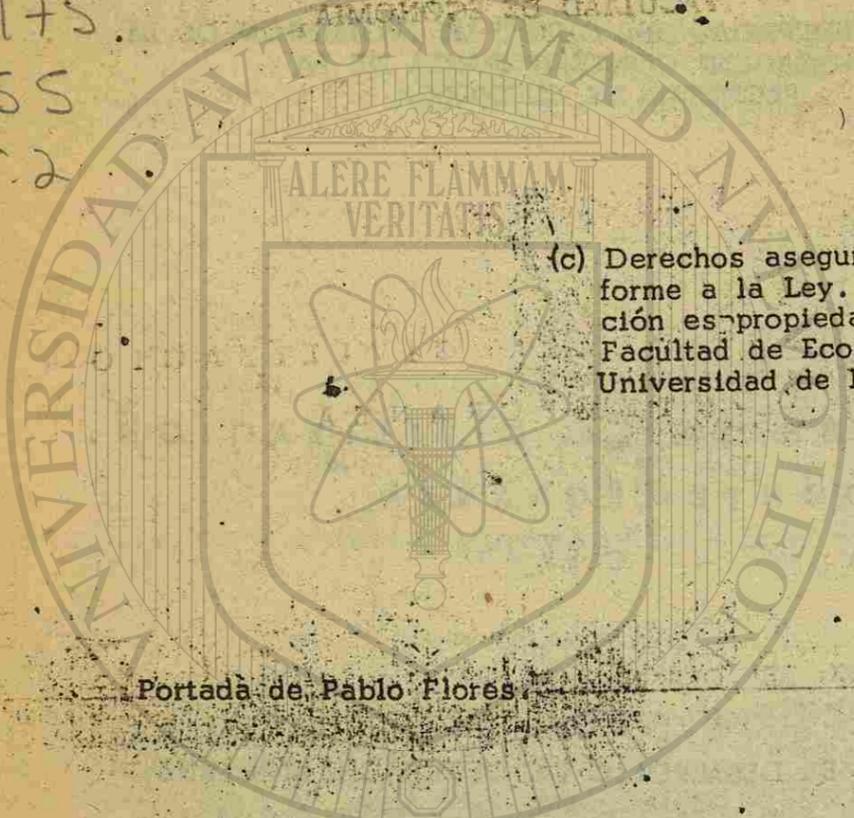
El advenimiento de la fe religiosa organizada como una fuer  
za política y social dominante, ocurrido en los primeros siglos de  
nuestra era, no se limitó en modo alguno al cristianismo. Se trató  
de un movimiento mundial con multitud de características similares  
en regiones muy diferentes, con lo cual se indica que surgió con  
base en necesidades comunes y en virtud de posibilidades también  
comunes. Entre los siglos III y VI n. e. se produce el advenimiento  
al poder y la influencia del cristianismo, del islamismo, y del budis  
mo en la China y el Asia suroriental. Es cierto que el budismo en  
la India y el mazdeísmo en Persia fueron fundados como religiones  
desde unos setecientos años antes, pero fue en este período cuando  
se fijaron sus doctrinas y quedó organizado su clero. También en  
tonces fue cuando el hinduismo la religión más multiforme y desor  
ganizada, que acabó por sustituir al budismo en la India, estable

\*El material de este ensayo ha sido tomado de: John D. Bernal,  
La ciencia en la historia. México, Universidad Nacional Autónoma  
de México, Dirección General de Publicaciones, 1959. Pp. 236-  
243, 283-290, 321-327, 350-352, 362-373, 377-385, 389-396 y  
410-422. D. R. Copyright (c) 1959 by Universidad Nacional Auto  
noma de México, Dirección General de Publicaciones. Reproducción  
hecha con permiso de los editores.

la. edición: 1964.

Q 175.  
USS  
E-2

COMITE EDITORIAL DEL CURSO DE EVOLUCION DE LA  
CULTURA CONTEMPORANEA DE LA  
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON



(c) Derechos asegurados con  
forme a la Ley. Esta edi  
ción es propiedad de la  
Facultad de Economía de la  
Universidad de Nuevo León.

Portada de Pablo Flores



FONDO UNIVERSITARIO

158455

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DIRECCIÓN GENERAL DE

Impreso en México.

CAPITULO IX

EL DESARROLLO DE LA CIENCIA MODERNA\*

La edad de la fe.

Las condiciones de la producción feudal redujeron a un mínimo la demanda de una ciencia útil, sin que volviera a aumentar hasta que el comercio y la navegación crearon nuevas necesidades en las postrimerías de la Edad Media. El esfuerzo intelectual se orientó en otras direcciones, poniéndose principalmente al servicio de esa característica radicalmente nueva de la civilización: la fe religiosa organizada.

El advenimiento de la fe religiosa organizada como una fuerza política y social dominante, ocurrido en los primeros siglos de nuestra era, no se limitó en modo alguno al cristianismo. Se trató de un movimiento mundial con multitud de características similares en regiones muy diferentes, con lo cual se indica que surgió con base en necesidades comunes y en virtud de posibilidades también comunes. Entre los siglos III y VI n. e. se produce el advenimiento al poder y la influencia del cristianismo, del islamismo, y del budismo en la China y el Asia suroriental. Es cierto que el budismo en la India y el mazdeísmo en Persia fueron fundados como religiones desde unos setecientos años antes, pero fue en este período cuando se fijaron sus doctrinas y quedó organizado su clero. También entonces fue cuando el hinduismo la religión más multiforme y desorganizada, que acabó por sustituir al budismo en la India, estable

\*El material de este ensayo ha sido tomado de: John D. Bernal, La ciencia en la historia. México, Universidad Nacional Autónoma de México, Dirección General de Publicaciones, 1959. Pp. 236-243, 283-290, 321-327, 350-352, 362-373, 377-385, 389-396 y 410-422. D. R. Copyright (c) 1959 by Universidad Nacional Autónoma de México, Dirección General de Publicaciones. Reproducción hecha con permiso de los editores.

ció y codificó sus libros sagrados.

Tal parece que entonces surgió, por primera vez en la historia humana, la necesidad de tener religiones basadas en un sistema fijo de creencias, junto con los medios indispensables para establecerlas. Un indicio para la explicación de tales condiciones nos lo ofrecen algunos rasgos de la religión organizada que, en diversos grados, encontramos en todas o en casi todas ellas. Dichos rasgos son: un clero con jerarquías, rituales fijos y, como piedra de toque y lazo de unión, un credo en el cual queda incluida la creencia en un orden del universo incorporado en los libros sagrados. Además, hay otras características auxiliares que son más variables, como la aparición de los devotos -ya sea individualmente, como ermitaños, faquires y yoguis, o en cuerpos de monjes, lamas o derviches- dedicados al ascetismo, la mendicidad, la oración u, ocasionalmente, al trabajo. Algunas de estas prácticas son más antiguas que la religión organizada y, por lo tanto, las encontramos ya en las comunidades más primitivas; pero tomaron un nuevo aspecto en su relación con la vida urbana más avanzada. Los ermitaños y monjes representan el lado religioso de la huida individual y colectiva de las ciudades opresoras y pecaminosas, en el período de su decadencia; en tanto que el lado secular era representado por el retiro de los ricos a sus posesiones rurales, a fin de evadir a los recaudadores de rentas imperiales.

El rasgo central de las nuevas religiones organizadas es la coherencia social de la Iglesia y el credo que ésta define e impone. Este credo consiste en ritos comunes y en creencias filosóficas también comunes. El hecho de que todas estas religiones estén formadas, según la frase de Mahoma, por "gentes de libros", muestra que ellas implican cierto grado de cultura literaria en una clase numerosa aunque restringida. El hecho de que el rito y el ministerio de la Iglesia se extendieran a todo el pueblo muestra que el clero aspiraba, al mismo tiempo, a asegurarse un consenso universal o católico. Una vez que superaron sus fases formativas revolucionarias, las nuevas religiones se convirtieron esencialmente en organizaciones estabilizadoras. Así pretendieron establecer -casi siempre inconscientemente, aunque a veces de modo consciente- un orden social aceptable en lo general, mostrando que dicho orden era parte integrante de un universo inmutable. Al propio tiempo, la introducción de dioses, mitos y visiones de una vida futura suministraban distracciones y una reparación celestial de las injusticias de este mundo.

### Cristianismo primitivo.

Los rasgos que hemos apuntado son particularmente evidentes en la historia del cristianismo primitivo. El conocimiento de esta historia es de singular importancia para la comprensión de la ciencia, ya que fue dentro del marco del cristianismo -salvo un breve período en el islamismo- que la ciencia moderna alcanzó su madurez. El cristianismo surgió de los infortunios y las aspiraciones de los pueblos dominados por el Imperio Romano. No es accidental que haya aparecido primero entre los judíos, quienes eran, si no los más oprimidos, seguramente los más rebeldes entre los pueblos sometidos. Jesús mismo, como Mesías esperado, fue tomado como un revolucionario y sufrió el destino de un revolucionario. Las primeras comunidades cristianas fueron las de los esenios, o tuvieron las de éstos como modelo. Los esenios habían constituido grupos comunales de judíos estrechamente unidos y económicamente autosuficientes, que rechazaban tanto las transacciones con la riqueza y con las costumbres extranjeras -por las cuales habían sido traicionados los Macabeos, originalmente revolucionarios, como el particularismo ritual de los fariseos.

Esta asociación del cristianismo primitivo con la tradición democrática judía -y, particularmente, con el repudio de toda transacción con los poderes de este mundo- le aseguró el apoyo popular, que luego resultó fortalecido por la persecución oficial. El atractivo popular del cristianismo alcanzó su apogeo en los primeros dos siglos de su existencia, precisamente cuando el Imperio parecía más seguro y lleno de gloria a los ojos de los ciudadanos ricos y cultos. Era entonces cuando el dominio romano pesaba más sobre el hombre común y el esclavo. Para éstos no había esperanza alguna en este mundo y eran escasas las razones para sentir temor de que tuviera un fin espantoso. El cristianismo fue capaz de propagarse con mucha mayor amplitud que el judaísmo debido a que se liberó del particularismo tribal de este último conservando al mismo tiempo todo su atractivo popular. Por ello logró superar a otra religión de misterios como el mazdeísmo, que también floreció vigorosamente en esa agitada época. El cristianismo suministró una organización universalmente inclusiva que, a pesar de ser exteriormente sumisa, estaba absolutamente decidida a no participar de la opresora y pecaminosa civilización clásica. Así se convirtió, inevitablemente, en un movimiento político que representaba la manifestación de las aspiraciones de las clases bajas oprimidas en las grandes ciudades y de la rebellón

nacional de los pueblos orientales contra el helenismo dominante de las clases altas.

No obstante, el cristianismo no quedó confinado durante mucho tiempo a las clases bajas y, poco a poco, se fueron deslizando en sus enseñanzas muchas de las ideas del mundo clásico, a medida que fue abarcando mayor número de prosélitos cultos. Algunas de esas ideas fueron asimiladas con más facilidad que otras; especialmente la doctrina platónica y, más aún, su renuevo semi-cristiano de la escuela neoplatónica, que resultó tan útil para destacar la concepción del "otro mundo" de la religión. Estos dos aspectos -el aspecto apocalíptico, revolucionario y popular de la religión, con su visión del Juicio Final y del Reino de Dios en nuestros días; y la otra actitud de espiritual creencia en el "otro mundo", mucho más favorecida por las clases altas- se han mantenido a lo largo de toda la historia del cristianismo.

Actualmente sería injusto -aunque haya sido explicable en la época de Gibbon- culpar al cristianismo como tal del colapso económico o cultural de la civilización clásica. Las causas de este colapso, eran intrínsecas. La Iglesia, que desempeñó el papel dominante en la Edad Media, sí resulta responsable, en cambio, del carácter de la cultura que instaló en su lugar. La Iglesia fue la única institución coherente del mundo clásico que sobrevivió a las perturbaciones que trajo consigo la caída del Imperio en el Occidente. Además, mucho antes de que esa caída fuera completa, el cristianismo había penetrado mucho más allá de las antiguas fronteras del Imperio, abarcando en Europa desde Irlanda hasta el Cáucaso, y propagándose ampliamente en el Asia. La cultura y hasta el saber leer y escribir quedaron limitados al clero, en un grado que sólo tiene paralelo con la época del antiguo Egipto. La Iglesia, a más de sus funciones espirituales, se ocupó de la educación y de la administración y, a principios de la Edad Media, incluso del derecho y de la medicina.

#### Organización eclesiástica.

No fue por accidente que la Iglesia sobreviviera al Imperio, ya que tenía bases políticas y económicas mucho más sólidas. Ha comenzado como un movimiento virtualmente revolucionario -en verdad, con un objetivo perteneciente al otro mundo, pero abiertamente antagónico a la administración civil- pronto adquirió como

medida de protección una organización cerrada, en parte de agitación y en parte económica. Esta organización, a través de sus ancianos -presbíteros- y de sus servidores -diáconos, deanos- se ocupaba personalmente al principio de cada cristiano, y podía contar con su apoyo de una manera que ningún funcionario imperial podía esperar. Más tarde, en el siglo II, cuando creció el número de sus miembros, la Iglesia tuvo necesidad de una organización más compleja, para evitar que las querellas doctrinarias y personales la dispersaran en innumerables fragmentos. Así se estableció una organización paralela a la del Estado, empleando con frecuencia los mismos términos, como iglesia, palacio real o basílica y diócesis. Fueron ordenados inspectores -obispos- y, luego, los más importantes de ellos se convirtieron en los grandes patriarcas de Jerusalén, Roma, Constantinopla, Alejandría y Antioquía. Tuvieron que pasar siglos antes de que el obispo de Roma pudiese reclamar la primacía como Santo Padre, Papa, vicario de Dios en la tierra, Máximo Pontífice o Principal Constructor de Puentes -antes sólo a través del Tíber, pero ahora también entre el cielo y la tierra.

Ya en el siglo III, la Iglesia Cristiana era la organización política más poderosa, esparcida e influyente en el Imperio, a pesar de que únicamente comprendía a una pequeña minoría de la población. Las desesperadas persecuciones no pudieron quebrantarla. Al comenzar el siglo IV, era claro que el único modo de salvar al Imperio consistía en apoderarse de la Iglesia. Este paso final lo dio Constantino, mucho antes de convertirse al cristianismo, en el año 312.

#### El fin del paganismo.

Una vez que la Iglesia conquistó el poder y dispuso de medios de patronazgo y castigo, rápidamente se logró la sumisión de los paganos, por lo menos en las poblaciones urbanas. En algunos casos presentaron escasa resistencia. El culto de los dioses olímpicos no era entonces muy arraigado y sólo representaba una moda. Respecto a la filosofía, casi todas las escuelas podían basarse en el propio cristianismo. Lo único que la Iglesia no podía tolerar era que alguna filosofía se declarara oficialmente independiente de la revelación cristiana. Cuando ocurría así, generalmente se la suprimía directamente. El asesinato de la matemática Hipatia no fue político, sino producto de un exceso de fervor monástico. Algo más típico del final de la ciencia clásica fue la clausura de las escuelas de Atenas por el gran emperador cristiano Justiniano, el año 529. A los últimos profesores se

nacional de los pueblos orientales contra el helenismo dominante de las clases altas.

No obstante, el cristianismo no quedó confinado durante mucho tiempo a las clases bajas y, poco a poco, se fueron deslizando en sus enseñanzas muchas de las ideas del mundo clásico, a medida que fue abarcando mayor número de prosélitos cultos. Algunas de esas ideas fueron asimiladas con más facilidad que otras; especialmente la doctrina platónica y, más aún, su renuevo semi-cristiano de la escuela neoplatónica, que resultó tan útil para destacar la concepción del "otro mundo" de la religión. Estos dos aspectos -el aspecto apocalíptico, revolucionario y popular de la religión, con su visión del Juicio Final y del Reino de Dios en nuestros días; y la otra actitud de espiritual creencia en el "otro mundo", mucho más favorecida por las clases altas- se han mantenido a lo largo de toda la historia del cristianismo.

Actualmente sería injusto -aunque haya sido explicable en la época de Gibbon- culpar al cristianismo como tal del colapso económico o cultural de la civilización clásica. Las causas de este colapso, eran intrínsecas. La Iglesia, que desempeñó el papel dominante en la Edad Media, sí resulta responsable, en cambio, del carácter de la cultura que instaló en su lugar. La Iglesia fue la única institución coherente del mundo clásico que sobrevivió a las perturbaciones que trajo consigo la caída del Imperio en el Occidente. Además, mucho antes de que esa caída fuera completa, el cristianismo había penetrado mucho más allá de las antiguas fronteras del Imperio, abarcando en Europa desde Irlanda hasta el Cáucaso, y propagándose ampliamente en el Asia. La cultura y hasta el saber leer y escribir quedaron limitados al clero, en un grado que sólo tiene paralelo con la época del antiguo Egipto. La Iglesia, a más de sus funciones espirituales, se ocupó de la educación y de la administración y, a principios de la Edad Media, incluso del derecho y de la medicina.

#### Organización eclesiástica.

No fue por accidente que la Iglesia sobreviviera al Imperio, ya que tenía bases políticas y económicas mucho más sólidas. Ha comenzado como un movimiento virtualmente revolucionario -en verdad, con un objetivo perteneciente al otro mundo, pero abiertamente antagónico a la administración civil- pronto adquirió como

medida de protección una organización cerrada, en parte de agitación y en parte económica. Esta organización, a través de sus ancianos -presbíteros- y de sus servidores -diáconos, deanos- se ocupaba personalmente al principio de cada cristiano, y podía contar con su apoyo de una manera que ningún funcionario imperial podía esperar. Más tarde, en el siglo II, cuando creció el número de sus miembros, la Iglesia tuvo necesidad de una organización más compleja, para evitar que las querellas doctrinarias y personales la dispersaran en innumerables fragmentos. Así se estableció una organización paralela a la del Estado, empleando con frecuencia los mismos términos, como iglesia, palacio real o basílica y diócesis. Fueron ordenados inspectores -obispos- y, luego, los más importantes de ellos se convirtieron en los grandes patriarcas de Jerusalén, Roma, Constantinopla, Alejandría y Antioquía. Tuvieron que pasar siglos antes de que el obispo de Roma pudiese reclamar la primacía como Santo Padre, Papa, vicario de Dios en la tierra, Máximo Pontífice o Principal Constructor de Puentes -antes sólo a través del Tíber, pero ahora también entre el cielo y la tierra.

Ya en el siglo III, la Iglesia Cristiana era la organización política más poderosa, esparcida e influyente en el Imperio, a pesar de que únicamente comprendía a una pequeña minoría de la población. Las desesperadas persecuciones no pudieron quebrantarla. Al comenzar el siglo IV, era claro que el único modo de salvar al Imperio consistía en apoderarse de la Iglesia. Este paso final lo dio Constantino, mucho antes de convertirse al cristianismo, en el año 312.

#### El fin del paganismo.

Una vez que la Iglesia conquistó el poder y dispuso de medios de patronazgo y castigo, rápidamente se logró la sumisión de los paganos, por lo menos en las poblaciones urbanas. En algunos casos presentaron escasa resistencia. El culto de los dioses olímpicos no era entonces muy arraigado y sólo representaba una moda. Respecto a la filosofía, casi todas las escuelas podían basarse en el propio cristianismo. Lo único que la Iglesia no podía tolerar era que alguna filosofía se declarara oficialmente independiente de la revelación cristiana. Cuando ocurría así, generalmente se la suprimía directamente. El asesinato de la matemática Hipatia no fue político, sino producto de un exceso de fervor monástico. Algo más típico del final de la ciencia clásica fue la clausura de las escuelas de Atenas por el gran emperador cristiano Justiniano, el año 529. A los últimos profesores se

les permitió ir a la nueva universidad del emperador persa Cósroes, en Jundishapur; pero el ambiente les resultó demasiado extraño y el emperador accedió a que regresaran, mediante un tratado en que se estipulaba que no serían molestados.

Lo que tuvo una gran importancia para el futuro fue la conversión al cristianismo del filósofo conocido ahora como Juan Filoponos (hacia 530), ocurrida por ese mismo tiempo. La conversión fue de todo corazón y lo llevó a formar en Alejandría una especie de partido de acción cristiana, los "filoponos" o "amantes del trabajo", que se dedicaron principalmente "a luchar contra los profesores paganos y, de vez en cuando, a atacar los últimos templos de los dioses egipcios". Por último llegó demasiado lejos y se convirtió en un hiper-trinitario, o sea, un hereje triteísta. En su rechazo de la filosofía pagana, Filoponos tuvo incluso la temeridad de negar la teoría aristotélica del movimiento y fundó la doctrina del "impulso" que, después de obtener algún apoyo entre los árabes y los escolásticos, habría de conducir, en manos de Galileo, al surgimiento de la dinámica moderna.

#### Dogma y ciencia.

El triunfo del cristianismo significó efectivamente que, a partir del siglo IV en el Occidente y hasta el ascenso del islamismo en el Oriente, toda la vida intelectual, incluyendo la ciencia, se vino a expresar ineludiblemente en función de los dogmas cristianos y, con el transcurso del tiempo, acabó por quedar limitada a los eclesiásticos. Entre los siglos IV y VII, en el territorio ocupado por el desaparecido Imperio Romano, la historia del pensamiento es la historia del pensamiento cristiano.

En los primeros días del cristianismo, la ciencia y la enseñanza estuvieron asociadas con las odiadas clases elevadas paganas, viéndoseles con suspicacia. Pero esta actitud no se mantuvo. El mensaje humano de Jesús ya no pudo ser suficiente para la Iglesia, en cuanto ésta aspiró a la preeminencia cultural. Como lo muestra el Evangelio de San Juan con su culto del divino verbo -el logos místico-, las ideas platónicas ya obraban en la base y, lo que es más, ya son evidentes, en una forma más diluida, en el mensaje de San Pablo.

#### Ortodoxia y herejía.

Los padres de la Iglesia, particularmente Orígenes (c. 185-254), condiscípulo de Plotino, el fundador del neoplatonismo, comenzó a incorporar a los dogmas cristianos las partes más inocuas de la filosofía antigua. A una buena parte de esas ideas ya se les no había encontrado inconscientemente su lugar. No obstante, la tarea era difícil, debido en parte a su gran diferencia con la filosofía subyacente en el Antiguo Testamento. Esto condujo inevitablemente a controversias, en las que cada bando pretendía ser ortodoxo y acusaba al otro de herejía. Las grandes disputas y herejías que dividieron al cristianismo oriental durante los siglos IV y V -el arrianismo, el nestorianismo y el monofisismo- se referían principalmente a puntos de interpretación de las ideas neoplatónicas acerca de la naturaleza del alma y de su relación con los cuerpos corruptibles o incorruptibles.

Las querellas fueron resueltas nominalmente por los Concilios de Obispos, lo cual implicaba una base democrática dentro de la Iglesia; pero, generalmente, la decisión se tomaba en favor de la opinión que podía conquistar mejor el apoyo del emperador. La gran herejía arriana del siglo IV, en la cual se debatió la naturaleza de la divinidad, fue resuelta de ese modo en el Concilio de Nicea en 325. En esta ocasión, Atanasio impuso su implacable credo trinitario. Sin embargo, el triunfo no quedó asegurado hasta casi dos siglos después, cuando Justiniano derrotó a los godos arrianos.

En el siglo V, San Agustín (354-430) elaboró una transacción entre la fe y la filosofía formulando una especie de compuesto entre la tradición bíblica, la doctrina platónica, con un vigoroso acento en la predestinación -resultante de su experiencia maniquea- que en adelante acompañaría siempre al cristianismo y, particularmente, al puritanismo. La doctrina agustiniana incluyó la idea esencialmente zaratustriana del conflicto cósmico entre el bien y el mal -Ormuz y Arimán-, con su consiguiente asociación de las ideas del diablo y del infierno. La transacción agustiniana no fue perdurable -las herejías se sucedieron unas a otras y en la Edad Media fue necesario repetir los esfuerzos para suprimirlas- y finalmente fracasó definitivamente con la Reforma.

Las filosofías en que se basaba la teología, aunque estaban sujetas a disputa, eran fácilmente asimilables por parte de una reli-

glón fundada en la concepción del otro mundo. Pero no ocurría lo mismo con las ciencias de observación y experimentación en primer lugar, porque les resultaba enteramente innecesaria la salvación y, por otro lado, porque su mera dependencia de los sentidos les hacía despreñar el valor de la revelación. La superación de esta actitud fue labor de muchos siglos y sólo se logró en un ambiente económico y social muy diferente al del Imperio Romano en decadencia.

En todas estas disputas religiosas, la ciencia natural era una víctima segura. La filosofía clásica, particularmente en su última época, era bastante absurda. El Antiguo y el Nuevo Testamento nunca fueron concebidos como interpretaciones de la naturaleza. Además, contienen interpretaciones míticas y filosóficas de todas las épocas, a partir de las más remotas concepciones babilónicas; y, por lo tanto, son intrínsecamente autocontradictorios. El intento de combinar la filosofía y la Biblia es una tarea que desafiaba a toda razón y que resulta fatal para el logro de una comprensión clara de la naturaleza. La fe y la razón no pueden ser reconciliadas sin alegorizar la una o sin desfigurar la otra; y, en todo caso, sin oponerse al pensamiento honrado.

En la actualidad, se acostumbra encomiar a la Iglesia por haber preservado a la ciencia desde la antigüedad hasta nuestros días. Lo cierto es, como lo haremos ver, que la supervivencia de la ciencia se debió más bien a su idoneidad para enfrentarse al mundo real, cuando falló la fe. La ciencia ha sobrevivido a pesar -y no a causa- de los muchos siglos de esfuerzos por conformarla con creencias anticuadas y contradictorias. Como lo mostraremos más adelante, la aceptación de soluciones obvias sólo se ha conseguido después de muchos años, debido a que no podían estar de acuerdo con el Génesis. Decir esto no significa, en modo alguno, culpar a la Iglesia o a los clérigos -quienes en su época obraron de la mejor manera, de acuerdo con sus luces-, sino únicamente a aquéllos que en la actualidad deben conocerla realmente bien. Hecho de que la ciencia haya avanzado tan lentamente en la cristiandad, hasta la época del Renacimiento, no fue debido a la Iglesia sino, primordialmente, a las condiciones económicas que la mantuvieron tantísimo tiempo en su papel oscurantista. Dentro de las condiciones feudales era imposible que el avance fuera más rápido...

### La ciencia medieval.

Los intentos que actualmente están de moda para enaltecer la ciencia de la Edad Media, en detrimento de la ciencia del Renacimiento, son enteramente necios. Además de la inexactitud de hecho que entrañan, estas tentativas falsean completamente los trabajos de los clérigos y sabios medievales, atribuyéndoles cosas que no hicieron y oscureciendo su verdadera contribución. Ni siquiera Roger Bacon (aproximadamente 1214-1294) en sus coléricas y perversas acusaciones contra sus contemporáneos -por ejemplo, tildaba de "muchachos ignorantes" a San Alberto y a Santo Tomás-, no se atrevió jamás a poner en duda que el fin principal de la ciencia fuera servir de apoyo a la revelación. En lo único que se distingue de los otros es en el afán de buscar su confirmación en la experiencia, en vez de en la razón. Los hombres medievales eran enteramente competentes para razonar, lo mismo que para planear experimentos y ejecutarlos. Y había un buen número de personas con suficiente cultura, que habían aprendido las habilidades de los griegos y árabes o habían trabajado por su cuenta sobre temas difíciles. Lo que impidió el desenvolvimiento científico fue que no utilizaron seriamente los métodos de investigar la naturaleza y, menos aún, de dominarla. Carecían de incentivos para hacerlo y existía una multitud de razones para disuadirlos. Su carácter clerical les imponía otras preocupaciones: Gerbert (aproximadamente 930-1003), el primero de los científicos occidentales, acabó por ser papa; Robert Grosseteste (aproximadamente 1168-1253), el más capaz de todos, fue obispo y canciller de la Universidad de Oxford; San Alberto el Grande fue provincial de la orden dominicana en todo el territorio de Alemania, y lo mismo ocurrió con Dietrich de Friburgo (hacia 1300), el mejor experimentador. Hasta Nicolás de Cusa (1401-1464), el más osado de los pensadores medievales, tuvo que participar en la propaganda papal y terminó por ser obispo de Brixen. Así, los trabajos científicos de todos ellos fueron fruto de sus ratos de ocio.

Las excepciones -Roger Bacon y el misterioso Pedro el Peregrino- no hacen sino confirmar la regla. Roger Bacon gastó una gran fortuna en investigaciones científicas y, a despecho del favor papal, fue puesto en prisión por sus afanes. Pedro publicó una carta de unas cuantas páginas en la cual, según su admirador Roger Bacon, "no se preocupaba de discursos o batallas verbales, sino que perseguía el saber y encontraba en él la paz".

glón fundada en la concepción del otro mundo. Pero no ocurría lo mismo con las ciencias de observación y experimentación en primer lugar, porque les resultaba enteramente innecesaria la salvación y, por otro lado, porque su mera dependencia de los sentidos les hacía despreñar el valor de la revelación. La superación de esta actitud fue labor de muchos siglos y sólo se logró en un ambiente económico y social muy diferente al del Imperio Romano en decadencia.

En todas estas disputas religiosas, la ciencia natural era una víctima segura. La filosofía clásica, particularmente en su última época, era bastante absurda. El Antiguo y el Nuevo Testamento nunca fueron concebidos como interpretaciones de la naturaleza. Además, contienen interpretaciones míticas y filosóficas de todas las épocas, a partir de las más remotas concepciones babilónicas; y, por lo tanto, son intrínsecamente autocontradictorios. El intento de combinar la filosofía y la Biblia es una tarea que desafiaba a toda razón y que resulta fatal para el logro de una comprensión clara de la naturaleza. La fe y la razón no pueden ser reconciliadas sin alegorizar la una o sin desfigurar la otra; y, en todo caso, sin oponerse al pensamiento honrado.

En la actualidad, se acostumbra encomiar a la Iglesia por haber preservado a la ciencia desde la antigüedad hasta nuestros días. Lo cierto es, como lo haremos ver, que la supervivencia de la ciencia se debió más bien a su idoneidad para enfrentarse al mundo real, cuando falló la fe. La ciencia ha sobrevivido a pesar -y no a causa- de los muchos siglos de esfuerzos por conformarla con creencias anticuadas y contradictorias. Como lo mostraremos más adelante, la aceptación de soluciones obvias sólo se ha conseguido después de muchos años, debido a que no podían estar de acuerdo con el Génesis. Decir esto no significa, en modo alguno, culpar a la Iglesia o a los clérigos -quienes en su época obraron de la mejor manera, de acuerdo con sus luces-, sino únicamente a aquéllos que en la actualidad deben conocerla realmente bien. Hecho de que la ciencia haya avanzado tan lentamente en la cristiandad, hasta la época del Renacimiento, no fue debido a la Iglesia sino, primordialmente, a las condiciones económicas que la mantuvieron tantísimo tiempo en su papel oscurantista. Dentro de las condiciones feudales era imposible que el avance fuera más rápido...

### La ciencia medieval.

Los intentos que actualmente están de moda para enaltecer la ciencia de la Edad Media, en detrimento de la ciencia del Renacimiento, son enteramente necios. Además de la inexactitud de hecho que entrañan, estas tentativas falsean completamente los trabajos de los clérigos y sabios medievales, atribuyéndoles cosas que no hicieron y oscureciendo su verdadera contribución. Ni siquiera Roger Bacon (aproximadamente 1214-1294) en sus coléricas y perversas acusaciones contra sus contemporáneos -por ejemplo, tildaba de "muchachos ignorantes" a San Alberto y a Santo Tomás-, no se atrevió jamás a poner en duda que el fin principal de la ciencia fuera servir de apoyo a la revelación. En lo único que se distingue de los otros es en el afán de buscar su confirmación en la experiencia, en vez de en la razón. Los hombres medievales eran enteramente competentes para razonar, lo mismo que para planear experimentos y ejecutarlos. Y había un buen número de personas con suficiente cultura, que habían aprendido las habilidades de los griegos y árabes o habían trabajado por su cuenta sobre temas difíciles. Lo que impidió el desenvolvimiento científico fue que no utilizaron seriamente los métodos de investigar la naturaleza y, menos aún, de dominarla. Carecían de incentivos para hacerlo y existía una multitud de razones para disuadirlos. Su carácter clerical les imponía otras preocupaciones: Gerbert (aproximadamente 930-1003), el primero de los científicos occidentales, acabó por ser papa; Robert Grosseteste (aproximadamente 1168-1253), el más capaz de todos, fue obispo y canciller de la Universidad de Oxford; San Alberto el Grande fue provincial de la orden dominicana en todo el territorio de Alemania, y lo mismo ocurrió con Dietrich de Friburgo (hacia 1300), el mejor experimentador. Hasta Nicolás de Cusa (1401-1464), el más osado de los pensadores medievales, tuvo que participar en la propaganda papal y terminó por ser obispo de Brixen. Así, los trabajos científicos de todos ellos fueron fruto de sus ratos de ocio.

Las excepciones -Roger Bacon y el misterioso Pedro el Peregrino- no hacen sino confirmar la regla. Roger Bacon gastó una gran fortuna en investigaciones científicas y, a despecho del favor papal, fue puesto en prisión por sus afanes. Pedro publicó una carta de unas cuantas páginas en la cual, según su admirador Roger Bacon, "no se preocupaba de discursos o batallas verbales, sino que perseguía el saber y encontraba en él la paz".

En total, las aportaciones medievales a las ciencias naturales pueden resumirse en algunas notas de San Alberto sobre historia natural y minerales, un tratado sobre aves de cetrería del emperador Federico II, una seria contribución al magnetismo -incluyendo experimentos- de Pedro el Peregrino, algunas mejoras a la óptica de Alhazen hechas por Dietrich de Friburgo y Witelo -que incluyen una explicación sobre el arco iris sólo superada por Newton- y algunas críticas no muy originales sobre la teoría del movimiento de Aristóteles, debidas a Buridán y Oresme. Con apoyo en esto se afirma ahora que la revolución científica se inició en el siglo XIII y que San Alberto, canonizado algo tardíamente en 1931, tiene derecho a ser considerado como el santo patrono de la ciencia.

#### Matemáticas y astronomía.

En matemáticas y astronomía, aun cuando lo logrado es mejor, tenemos esencialmente lo mismo. Fibonacci (hacia 1202), Leonardo de Pisa, introdujo en la cristiandad el álgebra de los árabes y los guarismo hindúes; él mismo fue un matemático notable, pero no dejó escuela y las matemáticas no avanzaron seriamente sino en la época del Renacimiento. En mecánica, Jordanus Nemorarius (hacia 1237), en una explicación más bien simple de la teoría de la palanca, anticipó el principio de la igualdad del trabajo ejecutado por una máquina y del impulso que actúa sobre ella, pero no pudo tener efecto alguno sobre la mecánica de su tiempo, debido al estado de la técnica.

En astronomía, el Almagesto de Ptolomeo fue traducido del árabe por Gerardo de Cremona en 1175. El estudio de esta obra, junto con las tablas basadas en los registros anteriores de los árabes y puestas al día con nuevas observaciones hechas por orden del rey Alfonso el Sabio en el siglo XIII, hicieron posible la continuación de la astronomía helenística en la cristiandad. Por supuesto que, como había ocurrido en el Islam, se emplearon principalmente con propósitos calendáricos y astrológicos. La astronomía observacional -única ciencia en donde era necesaria la exactitud en la observación, el cálculo y la predicción- fue la disciplina en que se mantuvo durante más tiempo el predominio islámico. Las tablas de Maragha (hacia 1260) y las de Ulugh Beg (1394-1449) fueron las mejores que hubo hasta el Renacimiento. Los astrónomos medievales fueron capaces de hacer algunas mejoras de detalle en los cálculos astronómicos, particularmente en la escuela del Merton College en el siglo XIV. También hicieron algunas contribuciones a la trigonometría y a la

construcción de instrumentos. La más importante de estas últimas fue la aportación de Levi ben Gerson de Provenza (1288-1344), quien inventó la escuadra de agrimensor, especie de sextante primitivo de que se sirvieron los navegantes en los grandes viajes de descubrimiento emprendidos en los siglos XV y XVI. Es interesante apuntar que, al parecer, la primera obra científica sería escrita en inglés es el Ecuatorial Planetarie, un artefacto mecánico para predecir las posiciones planetarias, descrito por Geoffrey Chaucer (aproximadamente 1340-1400) -aunque no inventado por él-, que es el autor del Treatise on the astrolabe dedicado "al pequeño Lewis, mi hijo" y conocido desde tiempo atrás. En rigor no se hizo una revisión radical de la astronomía, porque aun cuando la oposición impetuosa de la escuela de Alberto de Sajonia (hacia 1357), de Oresme y, más claramente de Nicolás de Cusa se atrevieron a sugerir que no eran los cielos sino la tierra la que giraba cada día, lo hicieron sobre bases filosóficas. Ellos no eran astrónomos y, por su parte, los astrónomos profesionales continuaron siguiendo a Ptolomeo hasta el siglo XVII.

#### Limitaciones de la ciencia medieval.

Aun cuando la contribución de la cristiandad medieval a la ciencia haya podido ser injustamente ignorada en el pasado, lo que resulta peligroso ahora consiste más bien en exagerar su importancia hasta el grado de hacer ininteligible toda la historia de la ciencia. Lo importante es que, como tradición viva, la ciencia medieval floreció solamente en los siglos XII y XIII y que a principios del siglo XVI había descendido a una oscura pedantería que justifica y explica el desprecio de los hombres del Renacimiento hacia la barbarie gótica. Este hecho, aunado al de la identidad prácticamente existente entre los temas tratados y los métodos empleados por los escolásticos y los científicos del Islam, lleva a la conclusión de que la ciencia medieval en su conjunto debe ser considerada como el fin, más bien que como el comienzo, de un movimiento intelectual. Representa la fase final de la adaptación bizantino-siria-islámica de la ciencia helenística a las condiciones de la sociedad feudal. Surgió como consecuencia del derrumbe de la antigua economía clásica y, a su vez, decayó y desapareció junto con la economía feudal que la sucedió.

Sería injusto esperar de esta ciencia algo más de lo que exigía de ella su propia época. Tanto la ciencia natural musulmana

como la cristiana tuvieron participación, aunque no muy importante, en la gran tarea de justificar el orden divino del universo, cuyas características principales eran obtenidas por revelación y se sustentaban en la razón, o sea en la lógica abstracta y en la filosofía. Robert Grosseteste, quien fue, posiblemente, el sabio medieval de más refinada inteligencia y que tuvo mayor influencia en el desenvolvimiento de la ciencia medieval, consideraba que el papel de dicha ciencia consistía esencialmente en servir como ilustración de las verdades teológicas. Sus estudios sobre la luz y su verificación en la experiencia real de la refracción de los lentes los llevó a cabo porque concebía a la luz como análoga de la iluminación divina.

En la Edad Media, quienes pensaban de manera distinta a la mencionada -y eran muy pocos- se veían perseguidos por herejes o, en el mejor de los casos, se les ignoraba. Precisamente el discípulo de Grosseteste, Roger Bacon, la voz más auténtica de la época en la predicción de una ciencia que estuviese al servicio del hombre y en la profecía de la conquista de la naturaleza por la humanidad a través del conocimiento, es una buena prueba de lo alejados que nos encontramos ahora de las concepciones medievales. A pesar de que Bacon predijo la invención de buques de motor, automóviles y aeroplanos, y anticipó la existencia de una alquimia científica "que enseñe cómo descubrir cosas capaces de prolongar la vida humana", no obstante, su interés por la ciencia era esencialmente teológico. Para él, el conocimiento científico, junto con la revelación, sólo formaba parte de una sapiencia destinada totalmente a la reflexión, la experiencia y el servicio de Dios.

La necesidad suprema consistía en justificar las verdades del cristianismo, lo cual era considerado como la verdadera finalidad de la existencia humana sobre la tierra. Ningún conocimiento era más importante que el esquema de la salvación, y la Iglesia, con sus sacramentos y su organización, constituía el medio para asegurarla. Estas consideraciones fueron las que orientaron el pensamiento medieval a la ordenación de todos los conocimientos y experiencias para edificar una majestuosa imagen del mundo en la cual quedaba comprendido, en esencia, todo lo humanamente importante por conocer. Esta tendencia enciclopédica alcanzó su mayor nivel en la Edad Media con el completo esquema lógico de la *Summa* de Tomás de Aquino y con otras obras que incluyen mayor información general, como las de Bartolomé el Inglés (hacia 1230-40) y Vicente de Beauvais (quien murió hacia 1260) cuyo *Speculum Majus* sólo fue

igualado en extensión por la *Encyclopédie* francesa del siglo XVIII.

### La concepción medieval del mundo.

Es indispensable decir aquí algo acerca de la concepción medieval del mundo, así sea únicamente por el hecho de que la ciencia moderna surgió, en gran medida, como un intento de sustituirla y porque aún conserva muchas huellas de la lucha sostenida con tal propósito. Los principales rasgos del sistema greco-arábigo-medieval eran la integridad y la jerarquía. El etéreo esquema cosmológico de Aristóteles y los astrónomos alejandrinos habían construido un rígido mundo teológico-físico, un mundo de esferas u orbes -primero, las esferas de la luna y del sol, luego las esferas de los planetas y, por encima de éstas, la gran esfera de las estrellas fijas, tras de la cual se encontraban los cielos y, como contrapartida teológicamente necesaria, el averno, los círculos y precipicios infernales descritos de manera tan tremenda en el *Inferno* de Dante-. El mundo se encontraba ordenado por rangos y lugares, y constituía un compromiso entre la imagen aristotélica de un mundo permanente y la concepción judía y cristiana de un mundo creado mediante un solo acto, únicamente para ser destruido por otro acto ulterior. Se trataba de un mundo transitorio que, aun cuando tenía sus leyes propias, existía simplemente como un escenario en el que se representaba la vida de cada hombre, de la cual dependía su salvación o su perdición definitiva.

### Jerarquía.

La jerarquía social era reproducida en el propio universo; del mismo modo en que había papa, arzobispos, obispos, emperador, reyes y nobles, se formuló una jerarquía celestial formada por los nueve coros de ángeles: querubines, serafines, tronos, dominaciones, virtudes, potestades, principados, arcángeles y ángeles (todos ellos, fruto de la imaginación del pseudo-Dionisio). Cada una de estas jerarquías ejecutaba una función definida para el gobierno del universo y estaba asociada, de acuerdo con su rango, a una de las esferas planetarias para mantenerla en su movimiento apropiado. El orden inferior, de los ángeles propiamente dichos, pertenecía a la esfera de la luna y, por consiguiente, tenía mucho más que hacer con los seres humanos situados justamente abajo. De manera general, había un orden

como la cristiana tuvieron participación, aunque no muy importante, en la gran tarea de justificar el orden divino del universo, cuyas características principales eran obtenidas por revelación y se sustentaban en la razón, o sea en la lógica abstracta y en la filosofía. Robert Grosseteste, quien fue, posiblemente, el sabio medieval de más refinada inteligencia y que tuvo mayor influencia en el desenvolvimiento de la ciencia medieval, consideraba que el papel de dicha ciencia consistía esencialmente en servir como ilustración de las verdades teológicas. Sus estudios sobre la luz y su verificación en la experiencia real de la refracción de los lentes los llevó a cabo porque concebía a la luz como análoga de la iluminación divina.

En la Edad Media, quienes pensaban de manera distinta a la mencionada -y eran muy pocos- se veían perseguidos por herejes o, en el mejor de los casos, se les ignoraba. Precisamente el discípulo de Grosseteste, Roger Bacon, la voz más auténtica de la época en la predicción de una ciencia que estuviese al servicio del hombre y en la profecía de la conquista de la naturaleza por la humanidad a través del conocimiento, es una buena prueba de lo alejados que nos encontramos ahora de las concepciones medievales. A pesar de que Bacon predijo la invención de buques de motor, automóviles y aeroplanos, y anticipó la existencia de una alquimia científica "que enseñe cómo descubrir cosas capaces de prolongar la vida humana", no obstante, su interés por la ciencia era esencialmente teológico. Para él, el conocimiento científico, junto con la revelación, sólo formaba parte de una sapiencia destinada totalmente a la reflexión, la experiencia y el servicio de Dios.

La necesidad suprema consistía en justificar las verdades del cristianismo, lo cual era considerado como la verdadera finalidad de la existencia humana sobre la tierra. Ningún conocimiento era más importante que el esquema de la salvación, y la Iglesia, con sus sacramentos y su organización, constituía el medio para asegurarla. Estas consideraciones fueron las que orientaron el pensamiento medieval a la ordenación de todos los conocimientos y experiencias para edificar una majestuosa imagen del mundo en la cual quedaba comprendido, en esencia, todo lo humanamente importante por conocer. Esta tendencia enciclopédica alcanzó su mayor nivel en la Edad Media con el completo esquema lógico de la *Summa* de Tomás de Aquino y con otras obras que incluyen mayor información general, como las de Bartolomé el Inglés (hacia 1230-40) y Vicente de Beauvais (quien murió hacia 1260) cuyo *Speculum Maius* sólo fue

igualado en extensión por la *Encyclopédie* francesa del siglo XVIII.

### La concepción medieval del mundo.

Es indispensable decir aquí algo acerca de la concepción medieval del mundo, así sea únicamente por el hecho de que la ciencia moderna surgió, en gran medida, como un intento de sustituirla y porque aún conserva muchas huellas de la lucha sostenida con tal propósito. Los principales rasgos del sistema greco-arábigo-medieval eran la integridad y la jerarquía. El etéreo esquema cosmológico de Aristóteles y los astrónomos alejandrinos habían construido un rígido mundo teológico-físico, un mundo de esferas u orbes -primero, las esferas de la luna y del sol, luego las esferas de los planetas y, por encima de éstas, la gran esfera de las estrellas fijas, tras de la cual se encontraban los cielos y, como contrapartida teológicamente necesaria, el averno, los círculos y precipicios infernales descritos de manera tan tremenda en el *Inferno* de Dante-. El mundo se encontraba ordenado por rangos y lugares, y constituía un compromiso entre la imagen aristotélica de un mundo permanente y la concepción judía y cristiana de un mundo creado mediante un solo acto, únicamente para ser destruido por otro acto ulterior. Se trataba de un mundo transitorio que, aun cuando tenía sus leyes propias, existía simplemente como un escenario en el que se representaba la vida de cada hombre, de la cual dependía su salvación o su perdición definitiva.

### Jerarquía.

La jerarquía social era reproducida en el propio universo; del mismo modo en que había papa, arzobispos, obispos, emperador, reyes y nobles, se formuló una jerarquía celestial formada por los nueve coros de ángeles: querubines, serafines, tronos, dominaciones, virtudes, potestades, principados, arcángeles y ángeles (todos ellos, fruto de la imaginación del pseudo-Dionisio). Cada una de estas jerarquías ejecutaba una función definida para el gobierno del universo y estaba asociada, de acuerdo con su rango, a una de las esferas planetarias para mantenerla en su movimiento apropiado. El orden inferior, de los ángeles propiamente dichos, pertenecía a la esfera de la luna y, por consiguiente, tenía mucho más que hacer con los seres humanos situados justamente abajo. De manera general, había un orden

cósmico, un orden social, un orden interno del cuerpo humano, etc., y cada uno de ellos representaba estados a los cuales tendía a volver la naturaleza cuando era perturbada. Había un lugar para cada cosa y cada cosa sabía cuál era su lugar. Los elementos también guardaban un orden: la tierra abajo, el agua arriba, el aire más arriba y el fuego, el más noble de los elementos, en la cumbre. Los órganos nobles del cuerpo -el corazón y los pulmones- estaban separados cuidadosamente de los órganos inferiores del vientre, por el diafragma. Los animales y las plantas tenían también papeles apropiados en este orden general, no sólo satisfaciendo las necesidades del hombre, sino suministrándole ejemplos morales -la laboriosidad de la hormiga, el valor del león, la abnegación del pelicano-. Este tremendo cosmos complejo y ordenado era también idealmente racional. En él se combinaban las conclusiones más lógicamente establecidas por los antiguos con las incuestionables verdades de las Escrituras y las tradiciones de la Iglesia. Las distintas escuelas podían diferir en algunos detalles, pero no cabía duda de que se trataba sustancialmente de una imagen verdadera. Tal parecía que el problema esencial había sido resuelto ya para todos los tiempos. Así, era posible contar con un universo que era al mismo tiempo práctico, teológicamente ortodoxo y eminentemente razonable....

#### El nacimiento de la ciencia moderna.

El desarrollo de las poblaciones urbanas, del comercio y de la industria, que ganaba impulso hacia fines de la Edad Media, resultó ser incompatible con la economía feudal. Estos cambios fueron madurando lentamente en el seno del orden feudal, hasta que finalmente encontraron su plena expresión y, primero en un lugar y luego en otro, dieron comienzo a un nuevo orden en la economía y en la ciencia. Contando con mejores técnicas, más eficaces medios de transporte y mercados más amplios, la producción de mercancías destinadas a la venta aumentó constantemente. Las poblaciones donde se hallaban estos mercados habían desempeñado durante mucho tiempo un papel subsidiario, casi parasitario, dentro de la economía feudal; pero, en el siglo XV, los habitantes de los burgos, o burgueses, habían alcanzado tal poderío que empezaron a transformar el sistema en una economía en que el pago en dinero, en vez de los servicios forzosos, vino a determinar la forma de producción. El triunfo de la burguesía -y del sistema económico capitalista implantado por ella- tuvo lugar sólo después de tremendas luchas políticas, religiosas e intelectuales. Naturalmente, el proceso de transformación ocurrió lentamente y en forma

desigual; a pesar de que empezó en Italia en el siglo XIII, no fue sino a mediados del siglo XVII cuando la burguesía consiguió establecer su dominio, y eso en los países más adelantados, como eran Inglaterra y Holanda. Y fue necesario el transcurso de otro siglo antes de que la clase burguesa adquiriera el dominio sobre Europa entera.

Durante el mismo período, 1450-1690, cuando se desarrolló el capitalismo hasta convertirse en el modo dominante de producción, se desarrollaron también el experimento y el cálculo, como nuevos métodos de la ciencia natural. El proceso de transformación fue complejo: los cambios producidos en las técnicas impulsaron a la ciencia y ésta, a su vez, condujo a cambios nuevos y más rápidos en la técnica. Esta revolución técnica, económica y científica a la vez, constituyó un fenómeno social único. Su importancia resultó ser mayor que la del descubrimiento de la agricultura -que hizo posible a la civilización-, porque contiene en sí misma, por medio de la ciencia, las posibilidades de un avance interminable.

El problema del origen de la ciencia moderna se considera ahora, al fin, como uno de los mayores problemas de toda la historia. El profesor Butterfield, por ejemplo, considera que "la llamada revolución científica... eclipsa a todo lo ocurrido desde la aparición del cristianismo y hace que el Renacimiento y la Reforma que den reducidos a meros episodios, o a simples desplazamientos internos dentro del sistema medieval cristiano... Difícilmente puede haber otro campo en el cual podamos ver, en forma más conspicua... las operaciones precisas que dieron impulso a una transición histórica tan notable o iniciaron un destacado capítulo del desdoblamiento intelectual". Pese a que me hallo en profundo desacuerdo con el análisis que hace Butterfield, sí coincido por completo en la importancia que le concede al problema.

El desarrollo del capitalismo y el de la ciencia guardan una relación tan íntima, que no se puede expresar simplemente en términos de causa y efecto. Sin embargo, puedo decirse que, al comienzo del período, el factor dominante fue el económico. Fueron las condiciones del surgimiento del capitalismo las que hicieron posible y necesario el surgimiento de la ciencia experimental. En cambio, al finalizar el período indicado, empezó a hacerse sentir el efecto inverso. Los éxitos prácticos obtenidos por la ciencia contribuyeron efectivamente al siguiente gran avance técnico, que fue la Revolución Industrial. Entonces fue cuando la ciencia rebasó felizmente su mo-

mento crítico, asegurándose de modo permanente su lugar como parte de las fuerzas productivas de la sociedad. Desde una perspectiva histórica general, este hecho fue mucho más importante que los acontecimientos políticos o económicos de la época; porque el capitalismo únicamente representa una etapa transitoria en la evolución económica de la sociedad, mientras que la ciencia es una adquisición permanente de la humanidad. Si bien el capitalismo sirvió primero para hacer posible a la ciencia, después la ciencia ha servido para hacer innecesario al capitalismo. Sin embargo, en sus primeras etapas, cuando rompió las trabas del feudalismo en decadencia, el capitalismo tuvo gran vigor y poder de expansión. El empleo de los inventos técnicos de fines de la Edad Media permitieron que la agricultura, la manufactura y el comercio se incrementaran, propagándose en regiones cada vez más extensas. Las necesidades materiales del progreso económico provocaron un mayor desarrollo de las técnicas, particularmente de las relacionadas con la minería, la guerra y la navegación. Estos desarrollos, a su vez, plantearon nuevos problemas -derivados principalmente del comportamiento de los nuevos materiales y procesos- que sobrepasaron más aún los marcos de la ciencia de la época clásica, dentro de la cual no habría habido lugar para invenciones tales como la brújula y la pólvora. Los viajes de descubrimiento mostraron cuán limitadas eran las experiencias de los antiguos y agudizaron la necesidad de encontrar una nueva filosofía que permitiera ampliar cada vez más las perspectivas.

A principios del siglo XVII, una burguesía nueva y emprendedora fue capaz de responder a este estímulo, estableciendo los fundamentos de la ciencia experimental. La nueva ciencia vino a organizarse en compañías, como antes lo habían hecho los comerciantes aventureros. Antes de que terminara dicho siglo, un pequeño grupo de hombres capaces había logrado ya resolver los problemas centrales de la mecánica y la astronomía. Con esto suministraron algo que la ciencia de la Antigüedad jamás hizo: la ayuda práctica allí donde era necesaria: en la navegación. Pero esto era sólo un pequeño anticipo; su verdadero triunfo consistió en el poderoso impulso que tuvo el estudio científico de la técnica y de la naturaleza; y en la elaboración de los nuevos métodos experimentales y matemáticos para analizar y resolver los múltiples problemas planteados, cuyos frutos se habrían de obtener plenamente en los siglos siguientes. Al finalizar el siglo XVII, era más lo que la ciencia tenía que ganar de sus renovados contactos con el trabajo práctico, que lo que tenía que dar en cuanto a mejoras radicales de la técnica.

### La revolución científica.

Los cambios en la ciencia contribuyeron a que se produjera una Revolución Científica, por la cual fue derrumbado el edificio entero de los supuestos intelectuales heredados de los griegos y canonizados por los teólogos musulmanes y cristianos, para sustituirlo por un sistema radicalmente nuevo. Una nueva concepción del mundo cuantitativa, atómica, secular y extendida hasta el infinito, reemplazó a la antigua concepción cualitativa, continua, limitada y religiosa, que los escolásticos musulmanes y cristianos habían heredado de los griegos. El universo jerarquizado de Aristóteles cedió su lugar al mundo mecanicista de Newton. Y, durante el período de transición, la crítica destructiva y la síntesis constructiva estuvieron tan estrechamente unidas, que es imposible hacer un deslinde de ellas.

La sustitución a que nos referimos fue únicamente un síntoma de la nueva orientación hacia el conocimiento, el cual dejó de ser un medio de reconciliación del hombre con el mundo tal como éste es, fue y será hasta el día del juicio final, para convertirse -y esto de una manera irreversible- en un medio de dominio sobre la naturaleza, a través del conocimiento de sus leyes eternas. Esta nueva actitud fue en sí misma un producto de la nueva preocupación por la riqueza material, y trajo aparejada una renovación del interés de los hombres cultos en la práctica de los oficios de los artesanos. De esta manera, el Renacimiento puso remedio -aunque sólo parcialmente- a la abismal separación entre la aristocrática teoría y la práctica plebeya, que se inició con el comienzo de la sociedad dividida en clases en la civilización primitiva y que tanto limitó la gran capacidad intelectual de los griegos.

Para comprender adecuadamente cómo se inició la ciencia moderna, es necesario considerar tanto los aspectos prácticos como las características intelectuales de la transformación puesta en marcha durante el Renacimiento. Los investigadores de la historia de la ciencia generalmente han destacado sólo las características intelectuales; considerando entonces a la transformación en conjunto como un cambio de malos a buenos argumentos, basados en ciertas premisas evidentes por sí mismas; o bien, considerando que es simplemente necesario hacer una observación más cuidadosa y una estimación más correcta de hechos evidentes. Ambos tipos de explicación son inadecuados, como se demuestra por sus fallas en los intentos de explicar las coincidencias de

mento crítico, asegurándose de modo permanente su lugar como parte de las fuerzas productivas de la sociedad. Desde una perspectiva histórica general, este hecho fue mucho más importante que los acontecimientos políticos o económicos de la época; porque el capitalismo únicamente representa una etapa transitoria en la evolución económica de la sociedad, mientras que la ciencia es una adquisición permanente de la humanidad. Si bien el capitalismo sirvió primero para hacer posible a la ciencia, después la ciencia ha servido para hacer innecesario al capitalismo. Sin embargo, en sus primeras etapas, cuando rompió las trabas del feudalismo en decadencia, el capitalismo tuvo gran vigor y poder de expansión. El empleo de los inventos técnicos de fines de la Edad Media permitieron que la agricultura, la manufactura y el comercio se incrementaran, propagándose en regiones cada vez más extensas. Las necesidades materiales del progreso económico provocaron un mayor desarrollo de las técnicas, particularmente de las relacionadas con la minería, la guerra y la navegación. Estos desarrollos, a su vez, plantearon nuevos problemas -derivados principalmente del comportamiento de los nuevos materiales y procesos- que sobrepasaron más aún los marcos de la ciencia de la época clásica, dentro de la cual no habría habido lugar para invenciones tales como la brújula y la pólvora. Los viajes de descubrimiento mostraron cuán limitadas eran las experiencias de los antiguos y agudizaron la necesidad de encontrar una nueva filosofía que permitiera ampliar cada vez más las perspectivas.

A principios del siglo XVII, una burguesía nueva y emprendedora fue capaz de responder a este estímulo, estableciendo los fundamentos de la ciencia experimental. La nueva ciencia vino a organizarse en compañías, como antes lo habían hecho los comerciantes aventureros. Antes de que terminara dicho siglo, un pequeño grupo de hombres capaces había logrado ya resolver los problemas centrales de la mecánica y la astronomía. Con esto suministraron algo que la ciencia de la Antigüedad jamás hizo: la ayuda práctica allí donde era necesaria: en la navegación. Pero esto era sólo un pequeño anticipo; su verdadero triunfo consistió en el poderoso impulso que tuvo el estudio científico de la técnica y de la naturaleza; y en la elaboración de los nuevos métodos experimentales y matemáticos para analizar y resolver los múltiples problemas planteados, cuyos frutos se habrían de obtener plenamente en los siglos siguientes. Al finalizar el siglo XVII, era más lo que la ciencia tenía que ganar de sus renovados contactos con el trabajo práctico, que lo que tenía que dar en cuanto a mejoras radicales de la técnica.

### La revolución científica.

Los cambios en la ciencia contribuyeron a que se produjera una Revolución Científica, por la cual fue derrumbado el edificio entero de los supuestos intelectuales heredados de los griegos y canonizados por los teólogos musulmanes y cristianos, para sustituirlo por un sistema radicalmente nuevo. Una nueva concepción del mundo cuantitativa, atómica, secular y extendida hasta el infinito, reemplazó a la antigua concepción cualitativa, continua, limitada y religiosa, que los escolásticos musulmanes y cristianos habían heredado de los griegos. El universo jerarquizado de Aristóteles cedió su lugar al mundo mecanicista de Newton. Y, durante el período de transición, la crítica destructiva y la síntesis constructiva estuvieron tan estrechamente unidas, que es imposible hacer un deslinde de ellas.

La sustitución a que nos referimos fue únicamente un síntoma de la nueva orientación hacia el conocimiento, el cual dejó de ser un medio de reconciliación del hombre con el mundo tal como éste es, fue y será hasta el día del juicio final, para convertirse -y esto de una manera irreversible- en un medio de dominio sobre la naturaleza, a través del conocimiento de sus leyes eternas. Esta nueva actitud fue en sí misma un producto de la nueva preocupación por la riqueza material, y trajo aparejada una renovación del interés de los hombres cultos en la práctica de los oficios de los artesanos. De esta manera, el Renacimiento puso remedio -aunque sólo parcialmente- a la abismal separación entre la aristocrática teoría y la práctica plebeya, que se inició con el comienzo de la sociedad dividida en clases en la civilización primitiva y que tanto limitó la gran capacidad intelectual de los griegos.

Para comprender adecuadamente cómo se inició la ciencia moderna, es necesario considerar tanto los aspectos prácticos como las características intelectuales de la transformación puesta en marcha durante el Renacimiento. Los investigadores de la historia de la ciencia generalmente han destacado sólo las características intelectuales; considerando entonces a la transformación en conjunto como un cambio de malos a buenos argumentos, basados en ciertas premisas evidentes por sí mismas; o bien, considerando que es simplemente necesario hacer una observación más cuidadosa y una estimación más correcta de hechos evidentes. Ambos tipos de explicación son inadecuados, como se demuestra por sus fallas en los intentos de explicar las coincidencias de

tiempo y lugar entre los avances económicos, técnicos y científicos y, lo que es más, de la coincidencia entre el interés científico por ciertos problemas y las preocupaciones técnicas de los grupos dominantes de la sociedad.

De otra parte, también es inadecuado el considerar únicamente estos intereses técnicos. Deben tomarse en cuenta tanto las actitudes mentales como los intereses materiales. Los aspectos ideológicos de la lucha sostenida por la nascente burguesía, dejaron impreso su sello sobre las ideas científicas y religiosas de estos siglos de transición. En realidad, el rechazo de las ideas aceptadas durante tantos siglos, solamente pudo ocurrir cuando se pusieron en tela de juicio todos los fundamentos de la sociedad.

A diferencia de las anteriores transiciones -cuando, al terminar el Imperio Romano, se edificó una nueva ciencia sobre las ruinas de la antigua, o cuando, al comienzo de la Edad Media, la ciencia fue trasladada de una cultura a otra- la revolución que dió nacimiento a la ciencia moderna ocurrió sin que hubiera ningún rompimiento en la continuidad y sin influencias externas. Esto destaca aun más el hecho de que el sistema de pensamiento radicalmente nuevo, fue construido en la nueva sociedad a base de elementos derivados directamente de la vieja sociedad, pero transformados por los pensamientos y acciones de los hombres que estaban realizando la revolución. La vieja cultura feudal había sido puesta a prueba, con resultados negativos; o sea, que no pudo sobrevivir a los conflictos que ella misma había engendrado. La nueva clase burguesa que había hecho nacer, tenía que encontrar su propio y nuevo sistema social, desarrollando a la vez su propio y nuevo sistema de ideas. Los hombres del Renacimiento y del siglo XVII tuvieron la sensación de romper con el pasado, a pesar de lo mucho que inconscientemente le debían.

En un aspecto importante, la Revolución Científica se distinguió de los cambios anteriores, ya que resultó mucho más fácil de realizar -particularmente en sus comienzos- por la conciencia que se tenía de que se trataba de un retorno a las ideas de una cultura más antigua, de mayor envergadura y más filosófica. La autoridad de los antiguos pudo ser ventajosamente utilizada por verdaderos innovadores, como Copérnico y Harvey para apoyar sus tesis en forma no menos importante que por el testimonio de los sentidos. No se trataba tanto de rechazar toda autoridad, como de apoyarse en unas contra las otras. El humanista se encontraba en libertad para escoger y su decisión obedecía a razones intrínsecas. La re-

cuperación de una parte, por lo menos, de los mejores trabajos matemáticos de la antigüedad clásica -especialmente los de Apolonio y los de Arquímedes- ayudaron a romper el monopolio de Aristóteles. Hasta el propio Platón se convirtió en una fuente de inspiración matemática, más que teológica. En cierto sentido -y, ciertamente, en el mejor de ellos-, la nueva ciencia provino directamente de los antiguos; porque fue siguiendo los métodos de estos últimos como los hombres de la nueva era pudieron derrumbar sus ideas y superar sus resultados.

#### Las fases principales en la transformación de la ciencia.

Para comprender el verdadero proceso de creación de la nueva ciencia, es conveniente dividir todo el período abarcado por la Revolución Científica en tres fases principales, que pueden ser denominadas, por conveniencia, como sigue: del Renacimiento, de 1440 a 1540; de las Guerras de Religión, de 1540 a 1650; y de la Restauración, de 1650 a 1690. Pero debe tenerse en cuenta que no se trata de tres épocas en mutuo contraste, sino de tres fases de un solo proceso: el de la transformación de la economía feudal en economía capitalista.

En el terreno político, la primera fase incluye el Renacimiento, los grandes viajes de navegación y la Reforma, lo mismo que las guerras que pusieron fin a la libertad política en Italia y condujeron al surgimiento de España como primera potencia mundial.

En la segunda fase, los resultados de la incorporación de América y del Oriente al comercio y la piratería europeos comenzaron a hacerse sentir en una crisis de precios que produjo un colapso de toda la economía de Europa. Fue la época de las interminables guerras de religión en Francia y Alemania. Pero, en última instancia, los sucesos más importantes fueron el establecimiento de la República Holandesa burguesa, al principiarse el período, y de la Comunidad Británica burguesa, al terminar el mismo.

La tercera fase fue una época de transacción política. Aunque los gobiernos eran monárquicos, en todos los países que estaban progresando económicamente la gran burguesía tuvo participación en el poder. Los holandeses fueron quienes dieron la tónica del período, a pesar de la pompa del Gran Monarca en Versalles. En la Gran Bretaña, esta fase señala el comienzo de la monarquía constitucional y del rápido desenvolvimiento comercial e industrial.

El desarrollo correspondiente en la ciencia consistió, en la primera fase, en un desafío total a la imagen del mundo que los medievales habían adoptado de la época clásica. Este desafío encontró su expresión decisiva en el repudio hecho por Copérnico del cosmos geocéntrico de Aristóteles, sustituyéndolo por un sistema heliocéntrico en el cual la Tierra gira alrededor del Sol, al igual que los otros planetas.

En la segunda fase, el rechazo se vio consumado y fortalecido por Kepler y Galileo, a pesar de la más poderosa oposición; y, luego, fue extendido al cuerpo humano por Harvey. Esto se logró gracias al empleo de los nuevos métodos experimentales. En este mismo período aparecieron los primeros profetas de la nueva era de la ciencia, que fueron Francis Bacon y Descartes.

La tercera fase señala el triunfo de la nueva ciencia, su rápido desarrollo y su propagación a nuevos dominios, y la primera organización de los científicos en sociedades. Es la época de Boyle, Hooke y Huygens, o sea, de la nueva filosofía mecanicista-matemática. La magna obra de muchas manos y talentos quedó terminada con la formulación de los Principios matemáticos de la filosofía natural de Newton, que vinieron a constituir el cimiento sobre el cual se consideró que era posible edificar con confianza el resto de la estructura de la ciencia. Las causas finales cedieron su lugar a las causas mecánicas y el universo jerarquizado de la Edad Media fue desalojado y sustituido por otro. A partir de entonces, las partículas independientes podían entrar libremente en interacción, guiadas por la invisible constitución de las leyes naturales. A su vez, el conocimiento de estas leyes fue considerado como la clave para poner las fuerzas de la naturaleza al servicio del hombre. En fin, la contemplación sublime cedió su lugar a la acción provechosa.

#### La revolución copernicana.

No tuvo nada de accidental que fuera precisamente en el dominio de la astronomía, tan estrechamente relacionado con el de la geografía, en donde se produjera el primer rompimiento -y, en muchos respectos, el más importante- con todo el sistema antiguo de pensamiento. Este fue la clara y detallada exposición hecha por Copérnico acerca de la rotación de la Tierra sobre su eje y de su movimiento alrededor de un Sol fijo. La astronomía descriptiva era la única ciencia que en esa época había acumulado bastantes obser-

vaciones y desarrollado métodos matemáticos lo suficientemente precisos como para permitir la construcción de hipótesis claramente establecidas y susceptibles de ser comprobadas cuantitativamente. A la vez, constituía un centro de renovado interés, tanto por su viejo empleo en la astrología, como por su nuevo uso náutico. Sólo que este interés bien podía no haber conducido a un avance radical. Los astrónomos profesionales, como Peurbach (1423-1461) y Regiomontano (1436-1476), se conformaron con algunas mejoras de importancia secundaria a los antiguos métodos. No obstante, es a ellos y al espíritu del Renacimiento que los indujo a indagar en los originales griegos, a quienes debemos la nueva astronomía. Peurbach estuvo al servicio del cardenal Besarión (c. 1400-1472), el humanista bizantino y fue encargado por el Papa de calcular la reforma del calendario.

Lo que Copérnico agregó fue el nuevo espíritu crítico, la estimación por la forma estética y la inspiración obtenida en los textos recientemente editados, con los cuales se podía encontrar el equilibrio entre los distintos autores antiguos. Porque la idea de la rotación de la Tierra no era en modo alguno nueva. En realidad se remonta al comienzo de la astronomía griega, y fue expresada explícitamente por Aristarco, en el siglo III a. n. e. Se mantuvo siempre como otro punto de vista alternativo -aunque paradójicamente absurdo- acerca del movimiento de las estrellas; ya que era evidente que la Tierra no se movía, en tanto que sí se podía ver que se movían el Sol, la Luna y las estrellas. Fueron necesarios el atrevimiento y la ciencia para proponer algo en contra del sentido común. El hombre que se atrevió a hacerlo tenía, a pesar de su carácter retraído, valor en abundancia y, como humanista del Renacimiento, todos los incentivos para romper decisivamente con el pasado.

Nicolás Copérnico nació en Torun, Polonia, en 1473, estudió astronomía en Bolonia, medicina en Padua y derecho en Ferrara, pasando la mayor parte de su vida como canónigo en Frauenburgo. Como esta sede episcopal se encuentra ubicada en el territorio entonces disputado por los caballeros de la orden teutónica y el reino de Polonia, Copérnico tuvo que ocuparse de los menesteres derivados de la guerra y la administración. Sin embargo, su interés principal estuvo siempre en la astronomía y a ésta dedicó por entero su vida privada, esforzándose por encontrar una imagen más racional de los cielos, misma que estableció en su forma final en su libro De Revolutionibus Orbium Coelestium, que fue impreso el

El desarrollo correspondiente en la ciencia consistió, en la primera fase, en un desafío total a la imagen del mundo que los medievales habían adoptado de la época clásica. Este desafío encontró su expresión decisiva en el repudio hecho por Copérnico del cosmos geocéntrico de Aristóteles, sustituyéndolo por un sistema heliocéntrico en el cual la Tierra gira alrededor del Sol, al igual que los otros planetas.

En la segunda fase, el rechazo se vio consumado y fortalecido por Kepler y Galileo, a pesar de la más poderosa oposición; y, luego, fue extendido al cuerpo humano por Harvey. Esto se logró gracias al empleo de los nuevos métodos experimentales. En este mismo período aparecieron los primeros profetas de la nueva era de la ciencia, que fueron Francis Bacon y Descartes.

La tercera fase señala el triunfo de la nueva ciencia, su rápido desarrollo y su propagación a nuevos dominios, y la primera organización de los científicos en sociedades. Es la época de Boyle, Hooke y Huygens, o sea, de la nueva filosofía mecanicista-matemática. La magna obra de muchas manos y talentos quedó terminada con la formulación de los Principios matemáticos de la filosofía natural de Newton, que vinieron a constituir el cimiento sobre el cual se consideró que era posible edificar con confianza el resto de la estructura de la ciencia. Las causas finales cedieron su lugar a las causas mecánicas y el universo jerarquizado de la Edad Media fue desalojado y sustituido por otro. A partir de entonces, las partículas independientes podían entrar libremente en interacción, guiadas por la invisible constitución de las leyes naturales. A su vez, el conocimiento de estas leyes fue considerado como la clave para poner las fuerzas de la naturaleza al servicio del hombre. En fin, la contemplación sublime cedió su lugar a la acción provechosa.

#### La revolución copernicana.

No tuvo nada de accidental que fuera precisamente en el dominio de la astronomía, tan estrechamente relacionado con el de la geografía, en donde se produjera el primer rompimiento -y, en muchos respectos, el más importante- con todo el sistema antiguo de pensamiento. Este fue la clara y detallada exposición hecha por Copérnico acerca de la rotación de la Tierra sobre su eje y de su movimiento alrededor de un Sol fijo. La astronomía descriptiva era la única ciencia que en esa época había acumulado bastantes obser-

vaciones y desarrollado métodos matemáticos lo suficientemente precisos como para permitir la construcción de hipótesis claramente establecidas y susceptibles de ser comprobadas cuantitativamente. A la vez, constituía un centro de renovado interés, tanto por su viejo empleo en la astrología, como por su nuevo uso náutico. Sólo que este interés bien podía no haber conducido a un avance radical. Los astrónomos profesionales, como Peurbach (1423-1461) y Regiomontano (1436-1476), se conformaron con algunas mejoras de importancia secundaria a los antiguos métodos. No obstante, es a ellos y al espíritu del Renacimiento que los indujo a indagar en los originales griegos, a quienes debemos la nueva astronomía. Peurbach estuvo al servicio del cardenal Besarión (c. 1400-1472), el humanista bizantino y fue encargado por el Papa de calcular la reforma del calendario.

Lo que Copérnico agregó fue el nuevo espíritu crítico, la estimación por la forma estética y la inspiración obtenida en los textos recientemente editados, con los cuales se podía encontrar el equilibrio entre los distintos autores antiguos. Porque la idea de la rotación de la Tierra no era en modo alguno nueva. En realidad se remonta al comienzo de la astronomía griega, y fue expresada explícitamente por Aristarco, en el siglo III a. n. e. Se mantuvo siempre como otro punto de vista alternativo -aunque paradójicamente absurdo- acerca del movimiento de las estrellas; ya que era evidente que la Tierra no se movía, en tanto que sí se podía ver que se movían el Sol, la Luna y las estrellas. Fueron necesarios el atrevimiento y la ciencia para proponer algo en contra del sentido común. El hombre que se atrevió a hacerlo tenía, a pesar de su carácter retraído, valor en abundancia y, como humanista del Renacimiento, todos los incentivos para romper decisivamente con el pasado.

Nicolás Copérnico nació en Torun, Polonia, en 1473, estudió astronomía en Bolonia, medicina en Padua y derecho en Ferrara, pasando la mayor parte de su vida como canónigo en Frauenburgo. Como esta sede episcopal se encuentra ubicada en el territorio entonces disputado por los caballeros de la orden teutónica y el reino de Polonia, Copérnico tuvo que ocuparse de los menesteres derivados de la guerra y la administración. Sin embargo, su interés principal estuvo siempre en la astronomía y a ésta dedicó por entero su vida privada, esforzándose por encontrar una imagen más racional de los cielos, misma que estableció en su forma final en su libro De Revolutionibus Orbium Coelestium, que fue impreso el

mismo año de su muerte, en 1543. Copérnico postuló un sistema de esferas que giraban alrededor del Sol, en vez de la Tierra, introduciendo la rotación de nuestro planeta y demostrando detalladamente cómo este sistema podía explicar todas las observaciones astronómicas. Sus razones para proponer este cambio revolucionario fueron esencialmente filosóficas y estéticas. Hablando de su sistema heliocéntrico y de la distancia casi infinita de las estrellas que esto implicaba, dice:

Pienso que es mucho más fácil creer esto que confundir el asunto suponiendo un enorme número de esferas, como tienen que hacer quienes consideran a la Tierra en el centro. Nosotros seguimos más bien a la naturaleza, que no produce nada que sea vano o superfluo y frecuentemente dota a una causa con múltiples efectos.

Y, después de describir las órbitas planetarias una tras otra, termina diciendo:

En medio de todo se encuentra entronizado el Sol. Dentro de este bellísimo templo, ¿acaso podríamos colocar a esta luminaria en alguna posición mejor para que iluminara a la vez todo el conjunto? Con toda justicia se le han dado los nombres de la Linterna, la Mente y el Gobernante del Universo; Hermes Trismegisto lo llamó el Dios visible, y Electra, la de Sófocles, lo nombraba como el Onmividente. Así el Sol se encuentra asentado en un trono real, gobernando a sus hijos los planetas, que circulan a su alrededor. La Tierra tiene a su servicio a la Luna. Como dice Aristóteles, en su *De Animalibus*, la Luna tiene la relación más estrecha con la Tierra. Por otra parte, la Tierra concibe gracias al Sol y queda preñada con una periodicidad anual.

Aquí tenemos un retorno a la concepción más antigua -mágica- del universo y, a la vez, una exaltación de la monarquía centralista, le Roi Soleil.

Después de la presentación del sistema solar, pasó algún tiempo antes de que produjera los primeros efectos. Unos pocos astrónomos lo apreciaron como un medio de mejorar sus cálculos. Las tablas prusianas fueron preparadas en 1551, con base en el sistema

copernicano, pero sólo unos cuantos las consideraron verdaderamente ciertas. Además de que repugnaba al sentido común, los conocedores le encontraban muchas objeciones a la nueva concepción; en particular, no se explicaban cómo la Tierra giraba sin producir fuertes corrientes de viento, o cómo no desviaba a los cuerpos en su caída. Estas objeciones fueron contestadas finalmente por Galileo.

Ahora bien, la sola idea de un universo abierto, del cual la Tierra era únicamente una parte muy pequeña, destrozaba la vieja imagen de las esferas cristalinas concéntricas y relativamente corcanas, creadas y mantenidas en movimiento por la divinidad. Si se habían descubierto nuevos mundos en la Tierra, ¿acaso no podía haber otros en el cielo? Esta fue justamente la herejía por la cual Giordano Bruno encontró la muerte...

#### La justificación del sistema solar.

Las implicaciones de la revolución copernicana tardaron algún tiempo en penetrar la conciencia de su época. Fueron recibidas con beneplácito y rápidamente por los astrónomos profesionales, debido a su simplicidad y a que servían para mejorar las tablas astronómicas, aunque todavía estaban lejos de constituir un medio preciso. Luego vinieron quienes encontraron en el sistema de Copérnico una ilustración convincente de la estupidez de la antigua concepción aristotélica y medieval del mundo; y, también, quienes se inspiraron en dicho sistema para concebir el universo como infinito y abierto. El más famoso de estos fue Giordano Bruno (1548-1600), nacido en Nola, cerca de Nápoles, de temperamento fogoso y penetrante imaginación, quien pronto rompió con la orden monástica en la cual había ingresado y viajó por toda Europa, discutiendo y publicando libros y panfletos en los cuales combinaba el misticismo de Lulio con la idea de la pluralidad de los mundos. Su habilidad fue tanta que impresionó por igual a magnates y científicos; pero, a la vez, la agudeza de su lengua le hizo conquistarse más enemigos que amigos, obligándolo a desplazarse continuamente. Por último, al aventurarse imprudentemente en Venecia, en 1592, fue traicionado y apresado por la Inquisición, la cual lo quemó vivo ocho años después por hereje. Bruno fue un mártir más de la libertad de pensamiento que de la ciencia, ya que nunca hizo experimentos ni observaciones, pero sí insistió hasta lo último en su derecho a extraer las conclusiones que sostenía apoyándose en los hechos científicos.

Bruno consiguió que sus contemporáneos pensaran y discutieran acerca de la teoría copernicana. Su ejecución atemorizó a los católicos, pero, a la vez, sirvió de estímulo a muchos protestantes. No obstante, fueron necesarios argumentos todavía más sólidos antes de que la teoría copernicana se asentara con firmeza y fuera utilizada provechosamente. Lo que faltaba a la teoría en su primera forma era una descripción precisa de las órbitas planetarias -la cual tendría que ser obra de los astrónomos- y, también, argumentos convincentes para justificar la imperceptibilidad del movimiento de la Tierra, tarea que implicaba la creación de la nueva ciencia de la dinámica.

#### Uraniburgo y Tycho Brahe.

La primera tarea fue llevada al cabo por dos hombres notables, Tycho Brahe (1546-1601) y su ayudante Johannes Kepler (1571-1630). Tycho Brahe, noble danés, logró tener suficiente influencia sobre el rey Federico II para que construyera, en 1576, el primer instituto realmente científico del mundo moderno, el de Uraniburgo, situado en la isla de Hveen, en el estrecho del cual Dinamarca obtuvo la mayor parte de su riqueza por el comercio de derechos de paso. En Uraniburgo, y con aparatos contruídos especialmente, Tycho Brahe realizó un gran número de observaciones tan exactas sobre las posiciones de las estrellas y los planetas, que hizo anticuadas todas las observaciones anteriores. Recibió la influencia de la obra de Copérnico, pero prefirió adoptar un sistema propio, en el cual los planetas giraban alrededor del Sol, pero éste giraba en torno a la Tierra; o sea, un sistema copernicano con respecto a la Tierra inmóvil. De hecho, Tycho Brahe adoptó el sistema que mejor se acomodaba a las observaciones, sin preocuparse por lo absurdo que resultaba desde el punto de vista físico. En realidad, aunque sin insistir en ello, quebrantó el sistema aristotélico al demostrar que la Estrella Nueva de 1527 se encontraba en la esfera de las estrellas fijas, donde por definición no podía ocurrir cambio alguno. Tycho Brahe vivió en una época de transición para la astronomía, justamente cuando la vieja necesidad de obtener datos astronómicos casi exclusivamente con propósitos astrológicos -y que, por ende, era financiada sólo por los príncipes- estaba cediendo el lugar a la nueva necesidad de obtener datos astronómicos para uso de los navegantes.

#### Kepler.

Los resultados conseguidos por Tycho Brahe se hicieron infinitamente más valiosos para el progreso de la ciencia, cuando Kepler los aprovechó para elaborar sus trabajos. Los padres de Kepler fueron pobres y tuvo una vida de luchas y frustraciones continuas, en parte debido a su carácter extraño. Fue el primer gran científico protestante, aunque la mayor parte de su vida trabajó en territorio católico. Kepler conjugó, de un modo enteramente desusado, una imaginación fantástica -profundamente matizada con números mágicos- con una escrupulosa integridad en la exactitud de sus medidas y de sus cálculos. El mayor incentivo interno para su trabajo fue el deseo de penetrar los secretos del universo, como lo testimonia el título de su primera obra: Mysterium Cosmologicum. Pero, con todo, tenía que vivir y, como él mismo decía: "Dios suministra a cada animal sus medios de subsistencia; y, para los astrónomos, Él dispuso la astrología". Kepler auxilió a Tycho Brahe en sus últimos años, en el extravagante instituto de alquimia y astrología que el emperador Rodolfo II había establecido en Praga. El solo hecho de que en el siglo XVI hubiese investigación científica activa y subvencionada en Polonia, Dinamarca y Bohemia, indica el nuevo desarrollo económico que experimentaban entonces estos países, situados en los bordes de la Europa feudal.

Kepler trató de encontrar el mejor modo de representar los movimientos planetarios mediante una sola curva. Copérnico todavía se había apegado a los círculos y epiciclos, los cuales no solamente eran difíciles de manejar, sino que no resultaban adecuados para las nuevas observaciones precisas. Kepler, después de muchos fracasos, encontró que la única explicación del movimiento observado del planeta Marte, era la de que su órbita es una elipse en la cual el Sol ocupa uno de sus focos. La idea de las órbitas elípticas no era enteramente nueva; había sido sugerida por Arzachel de Toledo (1029-1087) en el siglo XI, pero basándose en datos completamente inadecuados. Kepler logró tener éxito debido a que vivió en una época en que los datos eran lo suficientemente exactos como para mostrar que las trayectorias planetarias no se podían explicar por ningún círculo ni combinación de círculos; pero, a la vez, dichos datos no eran tan exactos como para poner de manifiesto que las órbitas no eran verdaderamente elipses sino curvas más complicadas, cosa que habría de ser explicada sólo por Einstein.

Bruno consiguió que sus contemporáneos pensaran y discutieran acerca de la teoría copernicana. Su ejecución atemorizó a los católicos, pero, a la vez, sirvió de estímulo a muchos protestantes. No obstante, fueron necesarios argumentos todavía más sólidos antes de que la teoría copernicana se asentara con firmeza y fuera utilizada provechosamente. Lo que faltaba a la teoría en su primera forma era una descripción precisa de las órbitas planetarias -la cual tendría que ser obra de los astrónomos- y, también, argumentos convincentes para justificar la imperceptibilidad del movimiento de la Tierra, tarea que implicaba la creación de la nueva ciencia de la dinámica.

#### Uraniburgo y Tycho Brahe.

La primera tarea fue llevada al cabo por dos hombres notables, Tycho Brahe (1546-1601) y su ayudante Johannes Kepler (1571-1630). Tycho Brahe, noble danés, logró tener suficiente influencia sobre el rey Federico II para que construyera, en 1576, el primer instituto realmente científico del mundo moderno, el de Uraniburgo, situado en la isla de Hveen, en el estrecho del cual Dinamarca obtuvo la mayor parte de su riqueza por el comercio de derechos de paso. En Uraniburgo, y con aparatos contruidos especialmente, Tycho Brahe realizó un gran número de observaciones tan exactas sobre las posiciones de las estrellas y los planetas, que hizo anticuadas todas las observaciones anteriores. Recibió la influencia de la obra de Copérnico, pero prefirió adoptar un sistema propio, en el cual los planetas giraban alrededor del Sol, pero éste giraba en torno a la Tierra; o sea, un sistema copernicano con respecto a la Tierra inmóvil. De hecho, Tycho Brahe adoptó el sistema que mejor se acomodaba a las observaciones, sin preocuparse por lo absurdo que resultaba desde el punto de vista físico. En realidad, aunque sin insistir en ello, quebrantó el sistema aristotélico al demostrar que la Estrella Nueva de 1577 se encontraba en la esfera de las estrellas fijas, donde por definición no podía ocurrir cambio alguno. Tycho Brahe vivió en una época de transición para la astronomía, justamente cuando la vieja necesidad de obtener datos astronómicos casi exclusivamente con propósitos astrologicos -y que, por ende, era financiada sólo por los príncipes- estaba cediendo el lugar a la nueva necesidad de obtener datos astronómicos para uso de los navegantes.

#### Kepler.

Los resultados conseguidos por Tycho Brahe se hicieron infinitamente más valiosos para el progreso de la ciencia, cuando Kepler los aprovechó para elaborar sus trabajos. Los padres de Kepler fueron pobres y tuvo una vida de luchas y frustraciones continuas, en parte debido a su carácter extraño. Fue el primer gran científico protestante, aunque la mayor parte de su vida trabajó en territorio católico. Kepler conjugó, de un modo enteramente desusado, una imaginación fantástica -profundamente matizada con números mágicos- con una escrupulosa integridad en la exactitud de sus medidas y de sus cálculos. El mayor incentivo interno para su trabajo fue el deseo de penetrar los secretos del universo, como lo testimonia el título de su primera obra: Mysterium Cosmologicum. Pero, con todo, tenía que vivir y, como él mismo decía: "Dios suministra a cada animal sus medios de subsistencia; y, para los astrónomos, El dispuso la astrología". Kepler auxilió a Tycho Brahe en sus últimos años, en el extravagante instituto de alquimia y astrología que el emperador Rodolfo II había establecido en Praga. El solo hecho de que en el siglo XVI hubiese investigación científica activa y subvencionada en Polonia, Dinamarca y Bohemia, indica el nuevo desarrollo económico que experimentaban entonces estos países, situados en los bordes de la Europa feudal.

Kepler trató de encontrar el mejor modo de representar los movimientos planetarios mediante una sola curva. Copérnico todavía se había apegado a los círculos y epiciclos, los cuales no solamente eran difíciles de manejar, sino que no resultaban adecuados para las nuevas observaciones precisas. Kepler, después de muchos fracasos, encontró que la única explicación del movimiento observado del planeta Marte, era la de que su órbita es una elipse en la cual el Sol ocupa uno de sus focos. La idea de las órbitas elípticas no era enteramente nueva; había sido sugerida por Arzachel de Toledo (1029-1087) en el siglo XI, pero basándose en datos completamente inadecuados. Kepler logró tener éxito debido a que vivió en una época en que los datos eran lo suficientemente exactos como para mostrar que las trayectorias planetarias no se podían explicar por ningún círculo ni combinación de círculos; pero, a la vez, dichos datos no eran tan exactos como para poner de manifiesto que las órbitas no eran verdaderamente elipses sino curvas más complicadas, cosa que habría de ser explicada sólo por Einstein.

La hipótesis de las órbitas elípticas, y las otras dos leyes con las cuales explicó Kepler la velocidad de los planetas al describir sus trayectorias, no solamente destruyeron la principal objeción astronómica a la hipótesis de Copérnico, sino que también asestaron un golpe mortal a la concepción pitagórico-platónica sobre la necesidad de que los cielos tuvieran únicamente movimientos perfectos -es decir, circulares-, que incluso Copérnico había mantenido. Sin embargo, estos cálculos puramente astronómicos de Kepler no fueron el elemento decisivo para producir la gran revolución en el pensamiento humano, que condujo al establecimiento de una concepción del universo enteramente nueva; pero sí constituyeron la base observacional de la explicación cuantitativa y dinámica que fue elaborada después por Newton.

El telescopio.

El paso decisivo para asegurar la aceptación de la nueva concepción celeste, no fue ninguna ampliación ulterior de los cálculos astronómicos -apreciada únicamente por los expertos-, sino el disponer de un instrumento físico que permitió a todos la observación directa del cielo, para examinar con mucho mayor minuciosidad el Sol, la Luna y las Estrellas. En otras palabras, lo decisivo fue la invención del telescopio o catalejo.

Probablemente el telescopio no fue en rigor una creación de la ciencia; mas bien apareció oscuramente en Holanda, como producto secundario de la fabricación de espejuelos. Según la leyenda, fue en el año de 1600 cuando a un muchacho que se encontraba en la tienda de Lippershey, se le ocurrió mirar por la ventana a través de varios lentes, dándose cuenta de que los objetos exteriores parecían estar mucho más cerca. El hecho de que no se haya requerido de genio alguno para inventar el telescopio, demuestra que esta invención se logró con bastante retraso. La necesidad de este instrumento había existido siempre, pero no se había hecho nada por satisfacerla, debido a que no se pensaba que fuera realizable. En realidad, ya se disponía de los medios para construirlo desde 300 años atrás. Y, según parece, lo único que se requería para su descubrimiento fortuito era la concentración cuantitativa de la manufactura óptica que se produjo con la mayor riqueza del siglo XVI.

Galileo Galilei.

El telescopio llegó a ser el mayor instrumento científico de la época. La simple noticia de su invención llegó a oídos del profesor de física e ingeniería militar en Padua, Galileo Galilei (1564-1642), quien se decidió a construir uno y escudriñar con él los cielos. Galileo ya era entonces un copernicano convencido, además de que se encontraba profundamente interesado en los movimientos de los péndulos y en los problemas relativos a la caída de los cuerpos. En sus primeras noches de observación del cielo, Galileo vio lo suficiente como para hacer que se derrumbara por entero la imagen aristotélica de este sereno elemento. Encontró que la Luna, en vez de ser una esfera perfecta, está cubierta con mares y montañas, que el planeta Venus muestra fases como la Luna; y que Saturno parece estar dividido en tres partes. Y, lo que es más importante, observó que en torno de Júpiter giran tres estrellas o lunas, formando un modelo en pequeña escala del sistema copernicano, que cualquiera podía observar mirando a través del telescopio.

Con su agudo sentido de la publicidad y del valor material de sus descubrimientos, que no encontró incompatibles con el puro júbilo del descubrimiento, Galileo inmediatamente trató de vender la adjudicación de nombres a los nuevos astros al Duque de Florencia -un Medici- y, luego, al rey de Francia y al Papa. Pero los honores celestiales les parecieron demasiado caros a estos personajes. Entonces, cuando se le ocurrió el propósito más práctico de utilizar su movimiento para determinar la longitud geográfica en el mar, Galileo intentó vender su secreto al rey de España y a los Estados Generales de Holanda, que habían ofrecido premios por el descubrimiento de un medio de medir la longitud, pero tampoco encontró comprador.

Con todo, esas tentativas fueron algo secundario para Galileo. En realidad, desde el primer momento se dio cuenta del carácter revolucionario de sus nuevas observaciones, con las cuales podía mostrar a todos el modelo del sistema copernicano en el propio cielo. Advirtió que se trataba de un conocimiento que debería propagar de inmediato; y, así, un mes después, en 1610, ya había publicado su opúsculo Siderius Nuntius (Mensajero de las estrellas), en el cual expresó sus conclusiones de manera breve y sencilla. Esta publicación se agotó rápidamente, provocando enorme sensación, y no despertó de inmediato una reacción desfavorable. El proceso contra Galileo no se llevó a cabo sino 24

años después, porque, aun cuando en 1618 se pronunció una condenación calificada de la concepción copernicana, ésta no encontró obstáculos para ser considerada como una representación matemática de los movimientos celestes. Sólo unos cuantos aristotélicos recalcitrantes se negaron a mirar a través del telescopio, alegando que ya sabían perfectamente lo que había en los cielos por el ejercicio de su pura razón. Y mientras la razón y la observación pudieran mantenerse en diferentes esferas del pensamiento, no habría dificultades.

#### La caída de los cuerpos: la dinámica.

Sin embargo, Galileo advirtió que no era suficiente haber verificado por la observación la preferencia estética de Copérnico. Era necesario justificarla, explicando cómo podía existir tal sistema y derrumbando las objeciones que se habían suscitado antes tanto desde el punto de vista filosófico como en nombre del buen sentido. También era necesario explicar cómo existía la rotación de la Tierra, sin producir una poderosísima corriente de viento en sentido opuesto, y cómo es que los cuerpos arrojados hacia el aire no abandonan la Tierra. Esto implicó un serio estudio de los cuerpos en movimiento libre, problema que ya tenía entonces una gran importancia práctica, en relación con la puntería de los proyectiles.

Para entonces, la teoría del impulso de Filopono -conocida a través de los árabes y elaborada por los nominalistas parisienses- había ganado aceptación. Se suponía que el proyectil, al abandonar el cañón, estaba dotado de un impulso, o vis viva, que destruía transitoriamente su propensión natural a caer. Tartaglia (1500-1557), Benedetti (1530-1590) y otros científicos del siglo XVI, habían elaborado esta explicación introduciendo un movimiento circular mixto entre la violenta elevación del proyectil y su caída natural, con lo cual se producía una trayectoria que no era una aproximación demasiado mala para las balas de los morteros de la época. Lo que faltaba era una justificación lógica o matemática.

#### Física experimental.

Galileo logró lo que otros no habían podido conseguir: formular una descripción matemática del movimiento de los cuerpos. Esta fue la obra magna de su vida, que sólo quedó expuesta por entero en sus Diálogo acerca de dos nuevas ciencias, publicados después de ser

condenado; pero que ya estaba implícita en el Diálogo concerniente a los dos principales sistemas del mundo, que fue la causa inmediata de su conflicto con la Iglesia. Galileo procedió a poner en cuestión todas las concepciones aceptadas, sometiéndolas a prueba por medio del nuevo método: el método experimental. El que haya arrojado efectivamente, o no, objetos, desde lo alto de la torre de Pisa, no es algo esencial. Lo que sí sabemos de cierto es que utilizó el péndulo y el plano inclinado para efectuar mediciones precisas de la caída de los cuerpos.

Los experimentos de Galileo fueron casi, pero no exactamente, los primeros de la ciencia moderna. Con respecto a los experimentos efectuados en el siglo XIII, su diferencia consistió en que fueron exploratorios más que ilustrativos y, lo que es más importante, en que su carácter cuantitativo los hizo compatibles con la teoría matemática. El propio Galileo se mostró en una actitud de transición respecto a sus propios experimentos. Incluso dijo alguna vez que no los realizaba para convencerse él; sino para convencer a los demás. Tenía una enorme confianza en el poder de la razón para interpretar a la naturaleza; y, en este sentido, hizo más bien demostraciones que experimentos. Sin embargo, en rigor, Galileo sí efectuó experimentos, aunque éstos fueron diferentes a los "experimentos ideales" sobre el papel que oscurecen la física en la actualidad; y, lo que es más, cuando obtenía resultados distintos de los que esperaba, no los rechazaba, sino que volvía a examinar sus propios argumentos. De este modo, mostró la humildad fundamental ante los hechos que es el sello distintivo de la ciencia experimental.

La interpretación matemática de los experimentos de Galileo sobre la caída de los cuerpos, resultó ser mucho más difícil que los experimentos mismos. Lo que era indispensable era entender cómo un cuerpo que se mueve con una velocidad que varía continuamente, puede tener una velocidad particular en un instante dado. Primero, Galileo partió de una base falsa, suponiendo que la velocidad aumentaba en proporción a la distancia recorrida por el cuerpo; cuando, como él mismo lo descubrió después, la velocidad depende directamente del tiempo que el cuerpo lleva cayendo. Para poder comprender la caída de los cuerpos -y, por consiguiente, el movimiento de las balas de cañón en el aire y el de la Luna en el cielo-, es esencial comprender la muy difícil noción de velocidad instantánea. Matemáticamente corresponde a la noción de diferencial:  $dx/dt$ , la relación entre dos magnitudes que se mantiene constante, aun cuando las magnitudes mismas decrezcan infinitamente. Galileo utilizó estas ideas

años después, porque, aun cuando en 1618 se pronunció una condenación calificada de la concepción copernicana, ésta no encontró obstáculos para ser considerada como una representación matemática de los movimientos celestes. Sólo unos cuantos aristotélicos recalcitrantes se negaron a mirar a través del telescopio, alegando que ya sabían perfectamente lo que había en los cielos por el ejercicio de su pura razón. Y mientras la razón y la observación pudieran mantenerse en diferentes esferas del pensamiento, no habría dificultades.

#### La caída de los cuerpos: la dinámica.

Sin embargo, Galileo advirtió que no era suficiente haber verificado por la observación la preferencia estética de Copérnico. Era necesario justificarla, explicando cómo podía existir tal sistema y derrumbando las objeciones que se habían suscitado antes tanto desde el punto de vista filosófico como en nombre del buen sentido. También era necesario explicar cómo existía la rotación de la Tierra, sin producir una poderosísima corriente de viento en sentido opuesto, y cómo es que los cuerpos arrojados hacia el aire no abandonan la Tierra. Esto implicó un serio estudio de los cuerpos en movimiento libre, problema que ya tenía entonces una gran importancia práctica, en relación con la puntería de los proyectiles.

Para entonces, la teoría del impulso de Filopono -conocida a través de los árabes y elaborada por los nominalistas parisienses- había ganado aceptación. Se suponía que el proyectil, al abandonar el cañón, estaba dotado de un impulso, o vis viva, que destruía transitoriamente su propensión natural a caer. Tartaglia (1500-1557), Benedetti (1530-1590) y otros científicos del siglo XVI, habían elaborado esta explicación introduciendo un movimiento circular mixto entre la violenta elevación del proyectil y su caída natural, con lo cual se producía una trayectoria que no era una aproximación demasiado mala para las balas de los morteros de la época. Lo que faltaba era una justificación lógica o matemática.

#### Física experimental.

Galileo logró lo que otros no habían podido conseguir: formular una descripción matemática del movimiento de los cuerpos. Esta fue la obra magna de su vida, que sólo quedó expuesta por entero en sus Diálogo acerca de dos nuevas ciencias, publicados después de ser

condenado; pero que ya estaba implícita en el Diálogo concerniente a los dos principales sistemas del mundo, que fue la causa inmediata de su conflicto con la Iglesia. Galileo procedió a poner en cuestión todas las concepciones aceptadas, sometiéndolas a prueba por medio del nuevo método: el método experimental. El que haya arrojado efectivamente, o no, objetos, desde lo alto de la torre de Pisa, no es algo esencial. Lo que sí sabemos de cierto es que utilizó el péndulo y el plano inclinado para efectuar mediciones precisas de la caída de los cuerpos.

Los experimentos de Galileo fueron casi, pero no exactamente, los primeros de la ciencia moderna. Con respecto a los experimentos efectuados en el siglo XIII, su diferencia consistió en que fueron exploratorios más que ilustrativos y, lo que es más importante, en que su carácter cuantitativo los hizo compatibles con la teoría matemática. El propio Galileo se mostró en una actitud de transición respecto a sus propios experimentos. Incluso dijo alguna vez que no los realizaba para convencerse él; sino para convencer a los demás. Tenía una enorme confianza en el poder de la razón para interpretar a la naturaleza; y, en este sentido, hizo más bien demostraciones que experimentos. Sin embargo, en rigor, Galileo sí efectuó experimentos, aunque éstos fueron diferentes a los "experimentos ideales" sobre el papel que oscurecen la física en la actualidad; y, lo que es más, cuando obtenía resultados distintos de los que esperaba, no los rechazaba, sino que volvía a examinar sus propios argumentos. De este modo, mostró la humildad fundamental ante los hechos que es el sello distintivo de la ciencia experimental.

La interpretación matemática de los experimentos de Galileo sobre la caída de los cuerpos, resultó ser mucho más difícil que los experimentos mismos. Lo que era indispensable era entender cómo un cuerpo que se mueve con una velocidad que varía continuamente, puede tener una velocidad particular en un instante dado. Primero, Galileo partió de una base falsa, suponiendo que la velocidad aumentaba en proporción a la distancia recorrida por el cuerpo; cuando, como él mismo lo descubrió después, la velocidad depende directamente del tiempo que el cuerpo lleva cayendo. Para poder comprender la caída de los cuerpos -y, por consiguiente, el movimiento de las balas de cañón en el aire y el de la Luna en el cielo-, es esencial comprender la muy difícil noción de velocidad instantánea. Matemáticamente corresponde a la noción de diferencial:  $dx/dt$ , la relación entre dos magnitudes que se mantiene constante, aun cuando las magnitudes mismas decrezcan infinitamente. Galileo utilizó estas ideas

sin formularlas con precisión. Combinando los experimentos exactos con el análisis matemático, resolvió el problema relativamente simple de la caída de los cuerpos, demostrando que en ausencia del aire describen una trayectoria parabólica. Al hacer esto suministró el primer ejemplo claro de los métodos de la física moderna, que habían de dar lugar a un desarrollo extraordinariamente venturoso en los siglos siguientes. Es más, el método físico exacto iniciado por Galileo ha sido considerado, hasta muy recientemente, como el método básico de la ciencia, al cual deberían ser reducidas en último término todas las otras ciencias.

#### El renacimiento de las matemáticas.

Las aportaciones de Galileo y Kepler fueron posibles debido a su maestría en las nuevas matemáticas que florecieron con el Renacimiento. Vieta (1540-1603) dio el paso decisivo de hacer simbólico todo argumento matemático, utilizando letras para representar tanto las cantidades conocidas como las desconocidas, y esto no sólo en álgebra sino también en trigonometría. Este ingenioso recurso técnico aumentó enormemente la rapidez de los cálculos y evitó la confusión a que inevitablemente inducen las palabras. Gracias a los trabajos de Vieta, junto con los de Cardan (1501-1576) y los de Tartaglia, se pudieron emplear métodos algebraicos para tratar cualquier problema, con tal que las cantidades implicadas puedan ser reducidas a números. La antigua geometría griega mantuvo su prestigio, particularmente desde que se recuperaron las obras de Arquímedes, que fueron editadas por primera vez por Tartaglia en 1543, pero los cálculos numéricos se pudieron abordar mucho más fácilmente con los métodos del álgebra. Otros dos pasos de enorme importancia práctica se dieron cuando Simón Stevin (1548-1620) introdujo los decimales en 1585, y cuando Napier (1550-1617) descubrió los logaritmos en 1614. Al abrir enormemente las operaciones de cálculo, el efecto real fue el de multiplicar el número de astrónomos y físicos en actividad.

Para completar la cadena de sus argumentos, Galileo advirtió la necesidad de conectar las matemáticas con la mecánica. El modo de lograrlo fue una de sus mayores preocupaciones en el curso de toda su vida científica. Leonardo anduvo a tientas tratando de conseguir aproximarse cuantitativamente a la mecánica; Galileo, con la ventaja de contar con mejores experimentos y unas matemáticas más aplicables, comprendió plenamente la cuestión,

y, así, fue uno de los fundadores de la ingeniería científica. Otro de los iniciadores lo fue el mismo Simón Stevin, de Brujas, el primer gran ingeniero de la nueva Holanda y participante activo en la guerra de liberación. Además, a Stevin debemos la ley de la composición de fuerzas y los fundamentos de la hidráulica cuantitativa.

#### Estática y dinámica: propiedades primarias y secundarias.

Para comprender plenamente el movimiento de los cuerpos, se requiere primero el tratamiento de las fuerzas en equilibrio, que se hace en la estática, y luego el estudio de las fuerzas cuando no existe equilibrio, que es la tarea de la dinámica. Estas fueron las "dos nuevas ciencias" con que Galileo no sólo estableció los fundamentos de las leyes del movimiento, sino también de la teoría matemática de la resistencia de los materiales; mismas que desarrolló con base en sus discusiones con los maestros constructores de navíos.

Galileo afirmó, de una manera mucho más clara que cualquiera de sus antecesores, que las propiedades necesarias e intrínsecas de la materia eran la extensión, la posición y la densidad, ya que eran las únicas que podían ser tratadas matemáticamente y, por lo tanto, con alguna certeza. Todas las otras, "sabores, olores, colores, no son otra cosa que meros nombres respecto al objeto en el cual parecen residir. Únicamente existen en las impresiones sensibles..." Esto no era considerado por los sustentantes de la nueva ciencia como una limitación, sino como un programa para llegar a reducir todos los experimentos a las cualidades primarias de "dimensión, forma, cantidad y movimiento".

#### Destrucción de la antigua cosmología.

Para conquistar el reconocimiento general hacia su nueva ciencia mecánico-matemática, Galileo tuvo que destruir antes el sistema ptolemeico de las esferas celestes, y junto con él - como lo advirtió claramente - toda la filosofía aristotélica, que durante 2,000 años había servido de fundamento a las ciencias naturales y a las ciencias sociales. Se sentía especialmente atraído por la tarea, ya que había conocido a la filosofía aristotélica en su mejor expresión, en Padua. No era un extraño; por el contrario, era capaz de refutar al maestro con su propia lógica, de un modo que

no se podía pasar por alto, aunque se estuviese en desacuerdo. Implícitamente, toda su obra fue una protesta contra los aristotélicos; pero su primera exposición explícita la tenemos en su opúsculo polémico, Diálogo concerniente a los dos principales sistemas del mundo, el ptolemeico y el copernicano, que dedicó al Papa en 1632. Utilizando el italiano accesible para todos, en vez del latín culto, Galileo criticó y ridiculizó implacablemente las concepciones sostenidas oficialmente sobre los asuntos de mayor importancia. Este Diálogo fue el primer gran manifiesto de la nueva ciencia.

#### El proceso de Galileo.

El desafío de Galileo no pudo ser ignorado y lo llevó directamente al famoso proceso. Tanto en la ciencia como en la Iglesia, Galileo se había hecho de muchos enemigos, y éstos, al aparecer el Diálogo, redoblaron las denuncias en su contra. Actualmente es un poco difícil entender cómo una cuestión académica -la discusión sobre los movimientos de la Tierra y los planetas- pudo haber provocado una lucha tan violenta; pero, en aquel tiempo, por mucho menos que eso se corría el riesgo de ir a la picota. Después de muchos siglos de violentas disputas, y a costa de un inmenso esfuerzo intelectual, se había forjado la transacción cristiano-aristotélica que ni las querellas de la Reforma habían conseguido conmovier. Si se ignoraba el desafío sobre un aspecto esencial, como lo es la constitución de los cielos, entonces ¿hasta dónde podrían llegar las embestidas de los atacantes? Ya algunos copernicanos vehementes, como Bruno y Campanella (1568-1639), habían extraído del nuevo conocimiento ciertas conclusiones que amenazaban la estabilidad de la Iglesia, el gobierno, la moral pública y hasta la propiedad misma. Bruno había sido quemado vivo y Campanella pasó varios años en prisión. Pero con Galileo la cosa era distinta, ya que se trataba de un científico de prestigio y con amigos poderosos, de cuyo catolicismo no se podía tener duda, y que, salvo en asuntos científicos, no era un revolucionario.

El proceso se llevó al cabo de acuerdo con las ideas y modos de razonar de la Iglesia -y no conforme a los de Galileo- y, por lo tanto, condujo al resultado que se podía anticipar. Pero lo interesante es el hecho de que las actas del proceso fueron mantenidas en secreto; muy probablemente debido al peligro de que su publicación pudiera revelar, no la severidad de los jueces, sino su relativa lenidad. El Papa y el clero estaban más preocupados por las posibles reaccio-

nes de los fanáticos reaccionarios de la Iglesia que por las de los científicos. Galileo fue condenado y obligado a hacer su famosa retractación, pero sólo estuvo nominalmente preso en el palacio de uno de sus amigos. En su retiro pudo terminar su obra sobre dinámica y estática, que publicó en los últimos años de su vida.

Con todo, el proceso de Galileo fue un acontecimiento que hizo época, ya que dramatizó el conflicto existente entre la ciencia y el dogma religioso. De hecho terminó en un fracaso, puesto que el veredicto fue recibido con disgusto por casi todas las personas cultas -incluso en los países católicos- y acarrió un prestigio enorme a la nueva ciencia revolucionaria y experimental, particularmente en aquellos países que ya se habían independizado de la autoridad de Roma. La obra de Galileo vino a ser la culminación del ataque a la antigua cosmología que, a partir de entonces, se derrumbó silenciosamente. Los astrónomos prácticos utilizaron el modelo copernicano-kepleriano del sistema solar; y, cuarenta años después las leyes observacionales de Kepler fueron conjugadas con la dinámica de Galileo en la teoría de la gravitación universal de Newton.

#### La nueva filosofía.

Los dos grandes y difíciles descubrimientos de la rotación de los planetas y de la circulación de la sangre, ya estaban firmemente establecidos en 1642, año en que murió Galileo y nació Newton. El primero de los objetivos intelectuales de la revolución científica ya se había conseguido: había quedado destruida la concepción clásica del mundo, aun cuando apenas si se habían esbozado los lineamientos generales de la nueva concepción. Con esto se habían encontrado nuevos medios para comprender a la naturaleza y conquistarla; pero, en cambio, eran muy pocas las aplicaciones que se pudieran considerar de uso práctico general.

El mismo telescopio era una invención más bien técnica que científica. Antes de que los efectos de la revolución ocurrida en el pensamiento se pudieran hacer sentir en la práctica, era necesario que las posibilidades ofrecidas por la nueva ciencia no sólo estuvieran al alcance de los conocedores, sino también de la nueva clase de hombres emprendedores -comerciantes, navegantes, manufactureros y los primeros capitalistas progresivos- que venían realizando su propia revolución política. Galileo había empezado a hacerlo, pero desgraciadamente vivía en un país que había perdi-

no se podía pasar por alto, aunque se estuviese en desacuerdo. Implícitamente, toda su obra fue una protesta contra los aristotélicos; pero su primera exposición explícita la tenemos en su opúsculo polémico, Diálogo concerniente a los dos principales sistemas del mundo, el ptolemeico y el copernicano, que dedicó al Papa en 1632. Utilizando el italiano accesible para todos, en vez del latín culto, Galileo criticó y ridiculizó implacablemente las concepciones sostenidas oficialmente sobre los asuntos de mayor importancia. Este Diálogo fue el primer gran manifiesto de la nueva ciencia.

#### El proceso de Galileo.

El desafío de Galileo no pudo ser ignorado y lo llevó directamente al famoso proceso. Tanto en la ciencia como en la Iglesia, Galileo se había hecho de muchos enemigos, y éstos, al aparecer el Diálogo, redoblaron las denuncias en su contra. Actualmente es un poco difícil entender cómo una cuestión académica -la discusión sobre los movimientos de la Tierra y los planetas- pudo haber provocado una lucha tan violenta; pero, en aquel tiempo, por mucho menos que eso se corría el riesgo de ir a la picota. Después de muchos siglos de violentas disputas, y a costa de un inmenso esfuerzo intelectual, se había forjado la transacción cristiano-aristotélica que ni las querellas de la Reforma habían conseguido conmovier. Si se ignoraba el desafío sobre un aspecto esencial, como lo es la constitución de los cielos, entonces ¿hasta dónde podrían llegar las embestidas de los atacantes? Ya algunos copernicanos vehementes, como Bruno y Campanella (1568-1639), habían extraído del nuevo conocimiento ciertas conclusiones que amenazaban la estabilidad de la Iglesia, el gobierno, la moral pública y hasta la propiedad misma. Bruno había sido quemado vivo y Campanella pasó varios años en prisión. Pero con Galileo la cosa era distinta, ya que se trataba de un científico de prestigio y con amigos poderosos, de cuyo catolicismo no se podía tener duda, y que, salvo en asuntos científicos, no era un revolucionario.

El proceso se llevó al cabo de acuerdo con las ideas y modos de razonar de la Iglesia -y no conforme a los de Galileo- y, por lo tanto, condujo al resultado que se podía anticipar. Pero lo interesante es el hecho de que las actas del proceso fueron mantenidas en secreto; muy probablemente debido al peligro de que su publicación pudiera revelar, no la severidad de los jueces, sino su relativa lenidad. El Papa y el clero estaban más preocupados por las posibles reaccio-

nes de los fanáticos reaccionarios de la Iglesia que por las de los científicos. Galileo fue condenado y obligado a hacer su famosa retractación, pero sólo estuvo nominalmente preso en el palacio de uno de sus amigos. En su retiro pudo terminar su obra sobre dinámica y estática, que publicó en los últimos años de su vida.

Con todo, el proceso de Galileo fue un acontecimiento que hizo época, ya que dramatizó el conflicto existente entre la ciencia y el dogma religioso. De hecho terminó en un fracaso, puesto que el veredicto fue recibido con disgusto por casi todas las personas cultas -incluso en los países católicos- y acarrió un prestigio enorme a la nueva ciencia revolucionaria y experimental, particularmente en aquellos países que ya se habían independizado de la autoridad de Roma. La obra de Galileo vino a ser la culminación del ataque a la antigua cosmología que, a partir de entonces, se derrumbó silenciosamente. Los astrónomos prácticos utilizaron el modelo copernicano-kepleriano del sistema solar; y, cuarenta años después las leyes observacionales de Kepler fueron conjugadas con la dinámica de Galileo en la teoría de la gravitación universal de Newton.

#### La nueva filosofía.

Los dos grandes y difíciles descubrimientos de la rotación de los planetas y de la circulación de la sangre, ya estaban firmemente establecidos en 1642, año en que murió Galileo y nació Newton. El primero de los objetivos intelectuales de la revolución científica ya se había conseguido: había quedado destruída la concepción clásica del mundo, aun cuando apenas si se habían esbozado los lineamientos generales de la nueva concepción. Con esto se habían encontrado nuevos medios para comprender a la naturaleza y conquistarla; pero, en cambio, eran muy pocas las aplicaciones que se pudieran considerar de uso práctico general.

El mismo telescopio era una invención más bien técnica que científica. Antes de que los efectos de la revolución ocurrida en el pensamiento se pudieran hacer sentir en la práctica, era necesario que las posibilidades ofrecidas por la nueva ciencia no sólo estuvieran al alcance de los conocedores, sino también de la nueva clase de hombres emprendedores -comerciantes, navegantes, manufactureros y los primeros capitalistas progresivos- que venían realizando su propia revolución política. Galileo había empezado a hacerlo, pero desgraciadamente vivía en un país que había perdi-

do ya su élan y se estaba quedando rápidamente congelado en la reacción debida a la Contrarreforma.

**Los profetas: Bacon y Descartes.**

Dos hombres de los países septentrionales, menos cultos pero más activos, fueron los que tomaron a su cargo esa tarea. Estas dos magnas figuras, Bacon y Descartes, se encuentran colocados en el punto de inflexión entre la ciencia medieval y la ciencia moderna. Ambos fueron esencialmente profetas y divulgadores, hombres que tuvieron la visión de las posibilidades del conocimiento y que se ocuparon de mostrarla al mundo. Los dos tuvieron una perspectiva universal, aunque su consideración del conocimiento haya sido muy distinta. Desde el punto de vista de sus temperamentos, difícilmente se pueden encontrar dos hombres tan diferentes como el sagaz, egoísta y después pomposo jurisconsulto, siempre colocado en el centro de los asuntos públicos, y el solitario y profundamente introspectivo ex-soldado de fortuna. A la vez, cada uno de ellos representa acusadamente el carácter que tuvo la revolución científica en su respectivo país.

Bacon destacó el aspecto esencialmente práctico del nuevo movimiento, sus aplicaciones al mejoramiento de las artes y su utilidad para lograr una apreciación del mundo que nos rodea, más conforme con el sentido común. Por haber vivido en la corte de la Inglaterra isabelina y Jacobiana, advirtió que sus dificultades no provenían tanto de la existencia de sistemas rígidos de pensamiento, como de la necesidad de establecer sólidos fundamentos institucionales para una filosofía nueva y que fuese generalmente aceptable. Esto tenía que hacerse no solo sustituyendo las viejas concepciones, sino también poniendo orden en el caos de las especulaciones que la Reforma había suscitado en Inglaterra. Descartes, por su parte, tuvo que luchar en contra de un sistema medieval atrincherado en las universidades oficiales de Francia; y únicamente podía tener éxito empleando una lógica más clara e intelectualmente más apremiante que la de sus opositores.

#### El *Novum Organum* y el *Discours de la Methode*.

Los dos pensadores se preocuparon por el método, aunque sus ideas acerca del método científico fueron muy diferentes. Bacon con-

sideró que el método consiste en recolectar materiales, efectuar experimentos en gran escala y encontrar los resultados partiendo de una gran masa de evidencias, o sea, que concibió esencialmente el método inductivo. En cambio, Descartes se pronunció por la certera estocada de la intuición pura, considerando que al lograr la claridad del pensamiento se tenía la posibilidad de descubrir todo lo que fuera racionalmente cognoscible, de tal modo que el experimento viene a ser esencialmente un auxiliar del pensamiento deductivo. No obstante, la diferencia principal consistió en que Descartes utilizó su ciencia para construir un sistema del mundo que -aunque ahora se encuentra olvidado casi por completo- sirvió en su época para sustituir al de la escolástica medieval; en tanto que Bacon no estableció ningún sistema propio, sino que se contentó con proponer una organización que actuara como constructora colectiva de nuevos sistemas. Su función, tal como él la concibió, fue exclusivamente la de suministrar el nuevo instrumento -la lógica del *Novum Organum*- para que los constructores pudieran edificar otros sistemas.

En este sentido, ambos se complementaron estrictamente. El concepto baconiano de la organización condujo directamente a la formación de la primera sociedad efectivamente científica, la *Royal Society*. El sistema cartesiano, al romper definitivamente con el pasado, estableció un conjunto de conceptos que sirvieron de base para explicar el mundo material de una manera rigurosamente cuantitativa y geométrica.

No obstante, de un modo inevitable, el pensamiento de ambos filósofos estuvo matizado por las ideas medievales, aunque de distinta manera en cada caso. Francis Bacon siguió la tradición de los enciclopedistas, a la que pertenecieron su homónimo Roger Bacon y Vincent de Beauvais y, remontándonos más, Plinio y el propio Aristóteles. En primer lugar, y sobre todo, tuvo los intereses de un naturalista, sin mostrar atención ni simpatía hacia la nueva filosofía matemática. Su método fue preponderantemente negativo, basado en evitar los "ídolos" o falsas ideas tentadoras que habían hecho errar el camino a los filósofos anteriores. Su imaginaria Casa de Salomón de su *New Atlantis*, era una especie de laboratorio universal, una idealización del observatorio de Tycho Brahe en Uraniburgo. A su vez, sirvió de inspiración para los institutos científicos posteriores. Bacon, aunque fue un creyente en los experimentos, no realizó experimento alguno; y, por lo tanto, jamás comprendió plenamente el proceso de abstracción y reducción que se hace necesario para poder extraer la verdad de las situaciones complejas, y que Galileo

do ya su élan y se estaba quedando rápidamente congelado en la reacción debida a la Contrarreforma.

**Los profetas: Bacon y Descartes.**

Dos hombres de los países septentrionales, menos cultos pero más activos, fueron los que tomaron a su cargo esa tarea. Estas dos magnas figuras, Bacon y Descartes, se encuentran colocados en el punto de inflexión entre la ciencia medieval y la ciencia moderna. Ambos fueron esencialmente profetas y divulgadores, hombres que tuvieron la visión de las posibilidades del conocimiento y que se ocuparon de mostrarla al mundo. Los dos tuvieron una perspectiva universal, aunque su consideración del conocimiento haya sido muy distinta. Desde el punto de vista de sus temperamentos, difícilmente se pueden encontrar dos hombres tan diferentes como el sagaz, egoísta y después pomposo jurisconsulto, siempre colocado en el centro de los asuntos públicos, y el solitario y profundamente introspectivo ex-soldado de fortuna. A la vez, cada uno de ellos representa acusadamente el carácter que tuvo la revolución científica en su respectivo país.

Bacon destacó el aspecto esencialmente práctico del nuevo movimiento, sus aplicaciones al mejoramiento de las artes y su utilidad para lograr una apreciación del mundo que nos rodea, más conforme con el sentido común. Por haber vivido en la corte de la Inglaterra isabelina y Jacobiana, advirtió que sus dificultades no provenían tanto de la existencia de sistemas rígidos de pensamiento, como de la necesidad de establecer sólidos fundamentos institucionales para una filosofía nueva y que fuese generalmente aceptable. Esto tenía que hacerse no solo sustituyendo las viejas concepciones, sino también poniendo orden en el caos de las especulaciones que la Reforma había suscitado en Inglaterra. Descartes, por su parte, tuvo que luchar en contra de un sistema medieval atrincherado en las universidades oficiales de Francia; y únicamente podía tener éxito empleando una lógica más clara e intelectualmente más apremiante que la de sus opositores.

#### El *Novum Organum* y el *Discours de la Methode*.

Los dos pensadores se preocuparon por el método, aunque sus ideas acerca del método científico fueron muy diferentes. Bacon con-

sideró que el método consiste en recolectar materiales, efectuar experimentos en gran escala y encontrar los resultados partiendo de una gran masa de evidencias, o sea, que concibió esencialmente el método inductivo. En cambio, Descartes se pronunció por la certera estocada de la intuición pura, considerando que al lograr la claridad del pensamiento se tenía la posibilidad de descubrir todo lo que fuera racionalmente cognoscible, de tal modo que el experimento viene a ser esencialmente un auxiliar del pensamiento deductivo. No obstante, la diferencia principal consistió en que Descartes utilizó su ciencia para construir un sistema del mundo que -aunque ahora se encuentra olvidado casi por completo- sirvió en su época para sustituir al de la escolástica medieval; en tanto que Bacon no estableció ningún sistema propio, sino que se contentó con proponer una organización que actuara como constructora colectiva de nuevos sistemas. Su función, tal como él la concibió, fue exclusivamente la de suministrar el nuevo instrumento -la lógica del *Novum Organum*- para que los constructores pudieran edificar otros sistemas.

En este sentido, ambos se complementaron estrictamente. El concepto baconiano de la organización condujo directamente a la formación de la primera sociedad efectivamente científica, la *Royal Society*. El sistema cartesiano, al romper definitivamente con el pasado, estableció un conjunto de conceptos que sirvieron de base para explicar el mundo material de una manera rigurosamente cuantitativa y geométrica.

No obstante, de un modo inevitable, el pensamiento de ambos filósofos estuvo matizado por las ideas medievales, aunque de distinta manera en cada caso. Francis Bacon siguió la tradición de los enciclopedistas, a la que pertenecieron su homónimo Roger Bacon y Vincent de Beauvais y, remontándonos más, Plinio y el propio Aristóteles. En primer lugar, y sobre todo, tuvo los intereses de un naturalista, sin mostrar atención ni simpatía hacia la nueva filosofía matemática. Su método fue preponderantemente negativo, basado en evitar los "ídolos" o falsas ideas tentadoras que habían hecho errar el camino a los filósofos anteriores. Su imaginaria Casa de Salomón de su *New Atlantis*, era una especie de laboratorio universal, una idealización del observatorio de Tycho Brahe en Uraniburgo. A su vez, sirvió de inspiración para los institutos científicos posteriores. Bacon, aunque fue un creyente en los experimentos, no realizó experimento alguno; y, por lo tanto, jamás comprendió plenamente el proceso de abstracción y reducción que se hace necesario para poder extraer la verdad de las situaciones complejas, y que Galileo

manejó de una manera magisterial. Bacon pensaba que la experiencia común, realizada sistemáticamente y expurgada de las perniciosas ideas de los antiguos, era suficiente para el conocimiento. Sus opiniones científicas no eran originales, sino obtenidas a través de sus lecturas, particularmente de Telesio, a quien criticaba al mismo tiempo que lo tenía por "el primero de los modernos".

Telesio (1509-1588), sabio italiano, fue el primero que rompió por completo con Aristóteles y estableció un sistema rival. Su gran contribución fue la de abandonar la causa formal y la causa final de Aristóteles, conservando únicamente la causa material y la causa eficiente. Esta idea fue seguida por todos los científicos posteriores. Las concepciones de Telesio recuerdan las de Anaxímenes. Su universo funcionaba debido a las fuerzas internas del calor y el frío. Tal cosa constituye una anticipación de la doctrina de la energía e incluye en cierto modo la idea de la conservación. Pero, desde el punto de vista cuantitativo, no representa un avance mayor que el de la filosofía china del yang y el yin.

Desde un principio, Bacon expresó explícitamente la doctrina de que "el verdadero y legítimo fin de las ciencias consiste en que la vida humana sea enriquecida con nuevos descubrimientos y nuevas fuerzas".

Bacon no se consideró como hombre de ciencia o como inventor, sino como un inspirador de la ciencia y de la invención. "Únicamente he tocado la campana -decía- para exhortar a los demás a que se asocien para aprender." En su admirable estudio sobre Francis Bacon, el profesor Farrington cita:

Pues bien, entre todos los beneficios que se han podido otorgar a la humanidad, no encuentro otro que se pueda comparar al descubrimiento de las nuevas artes, artificios y artículos para el mejoramiento de la vida humana. Por eso vemos que, entre los hombres rudos de la época primitiva, los autores de inventos y descubrimientos eran consagrados y se les contaba entre los dioses. Y es habitual que los buenos efectos producidos por los fundadores de ciudades, los autores de leyes, los padres del pueblo, los derribadores de tiranos y otros héroes semejantes, sólo se extiendan a espacios limitados y duren corto tiempo; en cambio, el trabajo del Inventor, aunque es menos

pomposo y ostensible, es apreciado en todas partes y perdura.

Pero sobre todo, si alguien logra tener éxito, no en inventar algo en particular por útil que sea, sino en encender una luz en la Naturaleza -una luz que desde un principio llegara a iluminar todas las regiones fronterizas que limitan con el círculo de nuestro conocimiento actual, y que se propagara más y más y sirviera para poner al descubierto y entrar en contacto con lo más oculto y secreto que exista en el mundo- ese hombre (pienso yo) sería el verdadero benefactor de la raza humana, el propagador del imperio humano sobre el universo, el campeón de la libertad, el conquistador y sojuzgador de las necesidades.

Bacon ha sido considerado justamente como el primer gran hombre que dio a la ciencia una nueva orientación y que la enlazó definitivamente de nuevo con el progreso de la industria material.

Con su inclinación empírica, Bacon inevitablemente fue un opositor de todos los sistemas predeterminados de la naturaleza; tuvo la convicción de que, contando con un cuerpo de trabajadores científicos bien organizado y bien equipado, el peso mismo de los hechos acabaría últimamente por conducir a la verdad. Por otra parte, el método de Descartes fue un sucesor más directo del método escolástico, pero con esta diferencia absoluta: que no trató de establecer el sistema de ellos, sino el suvo propio. En este propósito mostró plenamente aquella arrogancia individual que fue uno de los grandes rasgos liberadores del Renacimiento. Dicha arrogancia se expresó igualmente en los grandes navegantes, los conquistadores y todos aquellos desafiantes de la autoridad que caracterizaron el fin de la época feudal y el principio del nuevo período de empresa individual.

De manera inconsciente, en el sistema cartesiano quedaron incorporadas muchas de las cosas que el propio Descartes quería destruir. Podemos advertir la misma insistencia en la lógica deductiva y en las proposiciones evidentes por sí mismas; pero, empleando las matemáticas -que dominaba magistralmente- Descartes pudo arribar a conclusiones de un alcance mucho mayor que sus predecesores medievales o clásicos. Su principal contribución matemática fue la geometría de coordenadas, en

la cual una curva se puede representar completamente por medio de una ecuación que relaciona los valores de las coordenadas de sus puntos, con respecto a unos ejes fijos. Esto superó con mucho al simple dibujo de figuras geométricas y derrumbó la antigua distinción entre la ciencia griega del continuo -la geometría- y el cálculo numérico -el álgebra- de los babilonios, los hindúes y los árabes. Así, con la combinación del poder de ambos métodos, fue posible abordar problemas que nunca antes se habían intentado.

En su ataque contra la vieja filosofía, Descartes fue tan prudente como valeroso. No tuvo desdicha alguno de entrar en conflicto directo con la religión organizada, ya que sabía bien que esta clase de conflictos habían llevado a Bruno a ser condenado y quemado vivo en la Roma católica y a Servet en la Ginebra calvinista. En realidad estaba preparado para acomodar sus ideas y logró descubrir un ingenioso método para hacerlo, que luego permitió a la ciencia existir durante varios siglos, a un costo del que ahora apenas empezamos a tener conciencia.

#### Propiedades primarias y secundarias.

Descartes formuló, de una manera más precisa que cualquiera de sus antecesores, la división del universo tal y como lo veía: en una parte física y otra moral. Otros filósofos, inspirándose en los árabes y los escotistas medievales -incluyendo a Roger Bacon y, en cierto modo, incluso al propio Francis Bacon-, habían hecho reserva del conocimiento que se adquiere únicamente a través de la fe o la revelación; pero esta reserva pladosa resultaba enteramente *ad hoc* y daba paso a la objeción que implicaba que Dios era irracional. Con Descartes, esta separación se convirtió en una parte integrante y racional de la filosofía. En rigor, esto vino a ser una consecuencia lógica de la reducción que hizo de la experiencia sensible, primero a la mecánica y luego a la geometría. Al igual que Galileo, la extensión y el movimiento fueron las únicas realidades físicas que reconoció como "primarias". Otros aspectos de la existencia -como los colores, los sabores y los olores- los consideró como cualidades "secundarias", y, todavía más allá de éstas, consideró otra región menos accesible aún para la física, el dominio de las pasiones, la voluntad, el amor y la fe. La ciencia, según Descartes, se ocupa principalmente del primer conjunto, el de las cualidades mensurables que constituyen la base de la física; y en menor extensión,

también se ocupa de las cualidades "secundarias". En cambio, la ciencia no se ocupa para nada del tercer conjunto, que constituye el dominio de la revelación. Para Descartes, los animales -incluyendo el hombre- eran meramente máquinas. Obviamente, debía de haber alguna conexión entre el hombre puramente mecánico, cuyos miembros funcionan conforme a los principios de la física, y el espíritu racional y la voluntad que en él reside. Descartes sugirió ingenuamente -aunque, al parecer, enteramente en serio- que dicha conexión podría establecerse a través de la pequeña glándula situada en la parte superior del cráneo -el cuerpo pineal- que es una reliquia de un par de ojos de nuestros ancestros los reptiles; ya que, al no tener función aparente alguna, consideró razonable que pudiera ser, si no el sitio, por lo menos el punto de entrada del alma racional.

#### Separación de religión y ciencia.

El efecto que tuvo la división establecida por Descartes fue el de permitir a los científicos efectuar su trabajo libres de interferencias religiosas, con tal de tener cuidado de no invadir la esfera de la religión. Desde luego, esto era muy difícil de evitar o reprimir; pero, no obstante, tuvo el efecto de producir el tipo de científico puro que se apartaba de aquellos dominios en donde se exponía a ser involucrado en controversias de carácter religioso o político. En cierto sentido, el mismo Descartes se vio obligado a hacerlo, ya que cuando tenía listo su Sistema del mundo, le llegó la noticia del proceso de Galileo y se dio cuenta de que sencillamente no podía publicarlo. La Iglesia estaba claramente determinada a seguir haciendo prevalecer el sistema aristotélico-tomista, por considerar que era necesario para asegurar los dogmas de la fe, y no estaba dispuesta a tolerar ningún otro sistema que lo pudiera poner en cuestión. Como consecuencia de esto, Descartes se propuso demostrar que sus sistemas podían servir para probar la existencia de Dios, al igual o mejor aún que las antiguas filosofías. De su famoso primer principio *je pense donc je suis* -pienso, luego soy- extrae la conclusión de que, como todos los hombres pueden concebir algo más perfecto que ellos mismos, debe de existir un ser perfecto. El sistema cartesiano resultó ser tan cuidadosamente precavido de los ataques teológicos que, a pesar de las protestas de las universidades, fue aceptado en vida de Descartes en el país más católico de entonces, Francia, y se mantuvo en posición dominante hasta un siglo después.

la cual una curva se puede representar completamente por medio de una ecuación que relaciona los valores de las coordenadas de sus puntos, con respecto a unos ejes fijos. Esto superó con mucho al simple dibujo de figuras geométricas y derrumbó la antigua distinción entre la ciencia griega del continuo -la geometría- y el cálculo numérico -el álgebra- de los babilonios, los hindúes y los árabes. Así, con la combinación del poder de ambos métodos, fue posible abordar problemas que nunca antes se habían intentado.

En su ataque contra la vieja filosofía, Descartes fue tan prudente como valeroso. No tuvo desdoro alguno de entrar en conflicto directo con la religión organizada, ya que sabía bien que esta clase de conflictos habían llevado a Bruno a ser condenado y quemado vivo en la Roma católica y a Servet en la Ginebra calvinista. En realidad estaba preparado para acomodar sus ideas y logró descubrir un ingenioso método para hacerlo, que luego permitió a la ciencia existir durante varios siglos, a un costo del que ahora apenas empezamos a tener conciencia.

#### Propiedades primarias y secundarias.

Descartes formuló, de una manera más precisa que cualquiera de sus antecesores, la división del universo tal y como lo veía: en una parte física y otra moral. Otros filósofos, inspirándose en los árabes y los escotistas medievales -incluyendo a Roger Bacon y, en cierto modo, incluso al propio Francis Bacon-, habían hecho reserva del conocimiento que se adquiere únicamente a través de la fe o la revelación; pero esta reserva pladosa resultaba enteramente *ad hoc* y daba paso a la objeción que implicaba que Dios era irracional. Con Descartes, esta separación se convirtió en una parte integrante y racional de la filosofía. En rigor, esto vino a ser una consecuencia lógica de la reducción que hizo de la experiencia sensible, primero a la mecánica y luego a la geometría. Al igual que Galileo, la extensión y el movimiento fueron las únicas realidades físicas que reconoció como "primarias". Otros aspectos de la existencia -como los colores, los sabores y los olores- los consideró como cualidades "secundarias", y, todavía más allá de éstas, consideró otra región menos accesible aún para la física, el dominio de las pasiones, la voluntad, el amor y la fe. La ciencia, según Descartes, se ocupa principalmente del primer conjunto, el de las cualidades mensurables que constituyen la base de la física; y en menor extensión,

también se ocupa de las cualidades "secundarias". En cambio, la ciencia no se ocupa para nada del tercer conjunto, que constituye el dominio de la revelación. Para Descartes, los animales -incluyendo el hombre- eran meramente máquinas. Obviamente, debía de haber alguna conexión entre el hombre puramente mecánico, cuyos miembros funcionan conforme a los principios de la física, y el espíritu racional y la voluntad que en él reside. Descartes sugirió ingenuamente -aunque, al parecer, enteramente en serio- que dicha conexión podría establecerse a través de la pequeña glándula situada en la parte superior del cráneo -el cuerpo pineal- que es una reliquia de un par de ojos de nuestros ancestros los reptiles; ya que, al no tener función aparente alguna, consideró razonable que pudiera ser, si no el sitio, por lo menos el punto de entrada del alma racional.

#### Separación de religión y ciencia.

El efecto que tuvo la división establecida por Descartes fue el de permitir a los científicos efectuar su trabajo libres de interferencias religiosas, con tal de tener cuidado de no invadir la esfera de la religión. Desde luego, esto era muy difícil de evitar o reprimir; pero, no obstante, tuvo el efecto de producir el tipo de científico puro que se apartaba de aquellos dominios en donde se exponía a ser involucrado en controversias de carácter religioso o político. En cierto sentido, el mismo Descartes se vio obligado a hacerlo, ya que cuando tenía listo su Sistema del mundo, le llegó la noticia del proceso de Galileo y se dio cuenta de que sencillamente no podía publicarlo. La Iglesia estaba claramente determinada a seguir haciendo prevalecer el sistema aristotélico-tomista, por considerar que era necesario para asegurar los dogmas de la fe, y no estaba dispuesta a tolerar ningún otro sistema que lo pudiera poner en cuestión. Como consecuencia de esto, Descartes se propuso demostrar que sus sistemas podían servir para probar la existencia de Dios, al igual o mejor aún que las antiguas filosofías. De su famoso primer principio *je pense donc je suis* -pienso, luego soy- extrae la conclusión de que, como todos los hombres pueden concebir algo más perfecto que ellos mismos, debe de existir un ser perfecto. El sistema cartesiano resultó ser tan cuidadosamente precavido de los ataques teológicos que, a pesar de las protestas de las universidades, fue aceptado en vida de Descartes en el país más católico de entonces, Francia, y se mantuvo en posición dominante hasta un siglo después.

No obstante, a pesar de la riqueza de su contenido matemático y observacional, el sistema cartesiano fue esencialmente un magnífico poema o mito de lo que la nueva ciencia podría ser. En esto radicó, al mismo tiempo, su atractivo y su peligro. Es una mezcla de conclusiones basadas firmemente en experimentos, con otras deducidas de los primeros principios seleccionados, de acuerdo con el célebre método cartesiano, exclusivamente por su claridad. El logro de esta claridad ha sido, desde entonces, el ornamento y la limitación de la ciencia francesa. En todos aquellos dominios en que el nivel del conocimiento hacía que este propósito fuera admisible -como en la dinámica y la química del siglo XVIII, lo mismo que en la bacteriología del siglo XIX- sirvió para poner en orden campos enteros de conocimientos genuinos pero caóticos. En cambio, en los otros dominios el propósito acabó por degenerar en áridos lugares comunes y en falsas simplificaciones.

Descartes se dio cuenta, hasta cierto punto, de las limitaciones que tiene la empresa individual en la filosofía, reconociendo que el establecimiento apropiado del sistema del mundo requería la cooperación de muchas mentes. En el Discours de la méthode dice, hablando de las experiencias:

... veo también que son tales y tan numerosas que ni mis manos ni mis rentas, aunque tuviera mil veces más de lo que tengo, bastarían para todas; ... Todo lo cual pensaba dar a conocer en el tratado que había escrito, mostrando tan claramente la utilidad que el público podría obtener, que hubiera inducido a cuantos desean en general el bien de los hombres, es decir, a todos los que son verdaderamente virtuosos y no por falsas apariencias y mera opinión, a comunicarme las experiencias que ellos hubieran hecho y ayudarme en la investigación de las que aún me quedaran por hacer.

En otra parte, para justificar la publicación de sus propias conclusiones, dice:

Pues esas nociones me han enseñado que es posible llegar a conocimientos muy útiles para la vida y que, en lugar de la filosofía especulativa enseñada en las escuelas, es posible encontrar una práctica por medio de la cual, conociendo la fuerza y las acciones del fuego, del agua, del aire, de los astros, de los cielos y de todos

los demás cuerpos que nos rodean tan distintamente como conocemos los oficios varios de nuestros artesanos, podríamos aprovecharlos del mismo modo en todos los usos apropiados, y de esa suerte convertirnos como en dueños y poseedores de la naturaleza (subrayado de J. D. B.). Lo cual es muy de desear, no sólo para la invención de una infinidad de artificios que nos permitirían gozar sin ningún trabajo de los frutos de la tierra y de todas las comodidades que hay en ella, sino muy principalmente para la conservación de la salud...

Así, en su objetivo último, Descartes no difiere mucho de Bacon, para quien tuvo siempre la mayor admiración. Juntos, Bacon y Descartes consiguieron elevar la estimación por la ciencia experimental en los círculos cultos, a un nivel comparable al que tenía la literatura. A partir de ellos, el interés y la discusión se concentraron en la nueva filosofía natural, y no en la escolástica. Y sólo 200 años después fue cuando esta nueva filosofía se abrió paso en las universidades inglesas.

Con todo, en esa época todavía no había suficiente madurez para que la conciencia natural tuviera un gran desarrollo y produjera sus primeros frutos. Esto vino a ocurrir en el siguiente período de 1650 a 1690, de la "Gran Instauración" -o, como podría decirse también, de la Reconstrucción- que fue cuando se realizaron los sueños

Confío en que los hombres comprendan que no se trata de una opinión por aceptar, sino de un trabajo por hacer: y estoy seguro de no estar trabajando por construir los cimientos de secta o doctrina alguna, sino de la utilidad y el poder humanos...

LA CIENCIA COMO INSTITUCION

Fundación de las sociedades científicas.

El establecimiento de la ciencia como un factor de la cultura plenamente reconocido, fue definitivo a partir del momento en que se formaron las sociedades científicas. La idea de estas organizaciones científicas era, como hemos visto, muy antigua. Ya había en contracción expresión en la Academia original, en el Liceo y en el Mu

No obstante, a pesar de la riqueza de su contenido matemático y observacional, el sistema cartesiano fue esencialmente un magnífico poema o mito de lo que la nueva ciencia podría ser. En esto radicó, al mismo tiempo, su atractivo y su peligro. Es una mezcla de conclusiones basadas firmemente en experimentos, con otras deducidas de los primeros principios seleccionados, de acuerdo con el célebre método cartesiano, exclusivamente por su claridad. El logro de esta claridad ha sido, desde entonces, el ornamento y la limitación de la ciencia francesa. En todos aquellos dominios en que el nivel del conocimiento hacía que este propósito fuera admisible -como en la dinámica y la química del siglo XVIII, lo mismo que en la bacteriología del siglo XIX- sirvió para poner en orden campos enteros de conocimientos genuinos pero caóticos. En cambio, en los otros dominios el propósito acabó por degenerar en áridos lugares comunes y en falsas simplificaciones.

Descartes se dio cuenta, hasta cierto punto, de las limitaciones que tiene la empresa individual en la filosofía, reconociendo que el establecimiento apropiado del sistema del mundo requería la cooperación de muchas mentes. En el Discours de la méthode dice, hablando de las experiencias:

... veo también que son tales y tan numerosas que ni mis manos ni mis rentas, aunque tuviera mil veces más de lo que tengo, bastarían para todas; ... Todo lo cual pensaba dar a conocer en el tratado que había escrito, mostrando tan claramente la utilidad que el público podría obtener, que hubiera inducido a cuantos desean en general el bien de los hombres, es decir, a todos los que son verdaderamente virtuosos y no por falsas apariencias y mera opinión, a comunicarme las experiencias que ellos hubieran hecho y ayudarme en la investigación de las que aún me quedaran por hacer.

En otra parte, para justificar la publicación de sus propias conclusiones, dice:

Pues esas nociones me han enseñado que es posible llegar a conocimientos muy útiles para la vida y que, en lugar de la filosofía especulativa enseñada en las escuelas, es posible encontrar una práctica por medio de la cual, conociendo la fuerza y las acciones del fuego, del agua, del aire, de los astros, de los cielos y de todos

los demás cuerpos que nos rodean tan distintamente como conocemos los oficios varios de nuestros artesanos, podríamos aprovecharlos del mismo modo en todos los usos apropiados, y de esa suerte convertirnos como en dueños y poseedores de la naturaleza (subrayado de J. D. B.). Lo cual es muy de desear, no sólo para la invención de una infinidad de artificios que nos permitirían gozar sin ningún trabajo de los frutos de la tierra y de todas las comodidades que hay en ella, sino muy principalmente para la conservación de la salud...

Así, en su objetivo último, Descartes no difiere mucho de Bacon, para quien tuvo siempre la mayor admiración. Juntos, Bacon y Descartes consiguieron elevar la estimación por la ciencia experimental en los círculos cultos, a un nivel comparable al que tenía la literatura. A partir de ellos, el interés y la discusión se concentraron en la nueva filosofía natural, y no en la escolástica. Y sólo 200 años después fue cuando esta nueva filosofía se abrió paso en las universidades inglesas.

Con todo, en esa época todavía no había suficiente madurez para que la conciencia natural tuviera un gran desarrollo y produjera sus primeros frutos. Esto vino a ocurrir en el siguiente período de 1650 a 1690, de la "Gran Instauración" -o, como podría decirse también, de la Reconstrucción- que fue cuando se realizaron los sueños

Confío en que los hombres comprendan que no se trata de una opinión por aceptar, sino de un trabajo por hacer: y estoy seguro de no estar trabajando por construir los cimientos de secta o doctrina alguna, sino de la utilidad y el poder humanos...

LA CIENCIA COMO INSTITUCION

Fundación de las sociedades científicas.

El establecimiento de la ciencia como un factor de la cultura plenamente reconocido, fue definitivo a partir del momento en que se formaron las sociedades científicas. La idea de estas organizaciones científicas era, como hemos visto, muy antigua. Ya había en contracción expresión en la Academia original, en el Liceo y en el Mu

seo de Alejandría. Tanto las universidades musulmanas como las cristianas cumplieron una función semejante en sus primeros tiempos; pero en el siglo XVII era evidente que no podían satisfacer las nuevas necesidades. Se requería algo diferente que surgió a su debido tiempo, en parte como respuesta a la inspiración de los profetas de la nueva era -como Francia Bacon-, aunque más bien como un reconocimiento formal de las reuniones espontáneas de los hombres interesados en la ciencia.

Entre los profetas destacó la figura de Juan Amos Comenio (1592-1670), último obispo de la Iglesia de Moravia. Comenio consideraba a la ciencia como parte de la educación universal -a la cual dedicó la mayor parte de su vida- y así planeó un "Colegio Pansófico" en donde se pudiese practicar y enseñar la nueva filosofía experimental. Expulsado de Bohemia por la Guerra de Treinta Años, tuvo que llevar una vida errante y más tarde fue llamado por gobiernos progresistas, a causa de sus fructuosos métodos educativos. Entonces se comenzó a reconocer, por parte de los estadistas de los nuevos Estados nacionales, la necesidad de contar con laicos ilustrados para dirigir la administración. En 1641, Comenio fue a Inglaterra invitado por el Parlamento, con la esperanza de poder fundar su colegio. Y, no obstante que fracasó en su intento debido a las dificultades de la época, tuvo cierta influencia en la formación de la Royal Society.

En realidad, las primeras sociedades científicas fueron la Accademia de Lincei en Roma (1600-1630) y las del Cimento en Florencia (1651-1667). Estas sociedades, aunque sirvieron de modelo a las posteriores, aparecieron en la escena italiana demasiado tarde para poder detener los factores hostiles a la ciencia que pronto habrían de llevarlas a su extinción. La Royal Society de Londres (1662) y la Académie Royal des Sciences de Francia (1666) fueron más afortunadas. De cualquier modo, todas estas sociedades surgieron originalmente de las reuniones informales de amigos interesados en las nuevas ciencias.

Los científicos franceses -entre los cuales se encontraba Gassendi, quien volvió a introducir la teoría atómica- se venían reuniendo desde 1620 en la casa del rico abogado Piersce, en Aix-en-Provence. Sin embargo, el verdadero centro de la ciencia francesa lo fue, hasta su muerte en 1648, la celda del fraile franciscano Mersenne, quien no fue en modo alguno un hombre de ciencia. Mersenne fue un infatigable corresponsal que actuó como una especie de oficina general de correos para todos los científicos europeos, desde Galileo hasta Hobbes. Más adelante, las reuniones prosiguieron en la casa de otro abogado, Mont

mor, de donde desembocaron en la formación de la Real Academia.

Otro promotor de diferente tipo fue Renaudot (murió en 1679), médico vivaz y combativo que, horrorizado de los facultativos de París, estableció una clínica para ofrecer tratamiento gratuito a los pobres. Este establecimiento lo combinó Renaudot con una sala de conferencias para reuniones científicas, una editorial y una agencia de empleos, que le permitieron recuperar con largueza todos los gastos de la clínica. Con la muerte de su protector el Cardenal Mazarino, en 1661, sus enemigos consiguieron hundirlo, acabando así con la ciencia popular en Francia por más de un siglo.

En Inglaterra, la señal para que los científicos se agruparan lo fue la terminación de la Guerra Civil, en 1645. En su mayor parte eran simpatizadores del Parlamento y algunos eran puritanos, pero todos tenían escasa participación en la lucha activa. El espíritu dirigente del grupo fue John Wilkins, un clérigo con cierta adaptabilidad política, casado con la hermana de Cromwell y que llegó a ser Obispo de Chester, pero que sostuvo inflexiblemente la nueva filosofía. Con él estuvieron asociados el Dr. Wilkins, el matemático Wallis, el Dr. Theodore Haak -un refugiado alemán que fue el primero en sugerir las reuniones semanales- y un grupo de médicos. Después de haber tenido algunas juntas preliminares en Londres, se reunieron regularmente en Oxford a partir de 1646. Esta Universidad acababa de ser reformada por una Comisión del Parlamento, de tal modo que las cátedras vacantes y las direcciones de los establecimientos fueron ocupadas por los nuevos miembros del Invisible College. Hasta la Restauración de 1660, Oxford fue -de un modo anómalo y no sin cierta repugnancia- el centro de los ataques contra Aristóteles, a quien tanto se veneró antes y se siguió venerando después. El grupo se vio fortalecido con la adhesión de tres jóvenes que luego serían el Honorable Robert Boyle, Sir William Petty y el Dr. Christopher Wren, y también otro, Robert Hooke, que, aunque en forma más humilde, fue el que más hizo después para asegurar el éxito de la Royal Society. Thomas Sprat, miembro del grupo, que luego fue Obispo de Rochester y se dedicó a la historia de la sociedad, describe así el ambiente de la época:

Su primer propósito era exclusivamente obtener la satisfacción de respirar aire fresco, para poder conversar con tranquilidad, sin verse envueltos en las pasiones y locuras de esa triste Epoca. Y con la Institución de la Asamblea tuvieron la gran ventaja,

sin hablar de otras, de que: Por este medio se formó un grupo de Hombres jóvenes cuyas mentes recibieron, para la Epoca siguiente, las primeras impresiones de un conocimiento sensato y generoso, que fue un arma invencible contra todos los encantos del Entusiasmo,...

En esta compañía sincera y desapasionada, en medio de un ambiente tan lóbrego, ¿podía haber un tema más idóneo para tratar que el de la Filosofía Natural?

... este tema nunca nos dividió mortalmente en Faciones; daba lugar a que surgieran diferencias, pero sin animosidad; y nos permitió oponer imaginaciones contrarias, sin peligro de llegar a una Guerra Civil.

Sus reuniones eran tan frecuentes como lo permitían sus asuntos; sus exposiciones eran más bien activas que discursivas; se dedicaron principalmente a hacer algunos Experimentos particulares, de Química o de Mecánica; no tenían Reglas ni Métodos fijos; su intención era, ante todo, la de comunicarse mutuamente sus descubrimientos, que realizaban con los medios y al modo en que podían, sin efectuar una inquisición unida, regular y constante.

En un principio, estos científicos aficionados simplemente se reunían, discutían, se mostraban unos a otros sus experimentos y escribían cartas a sus amigos ausentes o a sus colegas en otros países. La práctica de la comunicación y de las publicaciones científicas tuvo su origen en estas cartas, escritas primero informalmente y después de un modo más regular. Más tarde, los hombres de ciencia de Inglaterra y Francia tuvieron necesidad de establecer definitivamente esta costumbre ya que, a medida que continuaban sus trabajos, se dieron cuenta de la gran importancia práctica que tenía y de que para sostenerla se necesitaba más dinero y reconocimiento.

Los procedimientos variaron de acuerdo con el carácter del sistema económica de cada país. En Francia, con su gobierno rígidamente centralizado, resultó natural que el establecimiento no sólo fuera instituido por el rey, sino también sostenido por éste. Colbert había venido fundando industrias nacionales en Francia y, por ello, no fue difícil persuadirlo de que estableciera la Academia de Ciencias, para equilibrar las Academias de Letras y de Bellas Artes fundadas por Mazarino. Porque estos ornamentos y ostentaciones eran necesarios, tanto como

el comercio, para la gloria del reinado de le Roi Soleil. Las industrias favorecidas por Colbert eran las de tejidos de seda en Lyon, las de porcelana en Sévres y las de gobelinos en París; todas ellas consideradas de importancia comparable a la de construcción de barcos para la Marina francesa.

En cambio, en la Inglaterra de la Restauración, con sus reliquias de independencia republicana, y en donde la verdadera riqueza se encontraba en manos de la aristocracia latifundista y de los comerciantes, lo único que se requería era el patronato real. Los Fellows de la nueva Royal Society pagaban por hacer sus propias investigaciones científicas. La cuota era de un chelín semanal cada miembro. Era sumamente difícil recaudar dichas cuotas, y apenas si bastaban para pagar al secretario y al curador, quien "debía estar bien versado en Ciencias Filosóficas y Matemáticas, lo mismo que en Observaciones, Indagaciones y Experimentos respecto a la naturaleza y al arte"; y estaba obligado a "ofrecer a la Sociedad, cada día de reunión, tres o cuatro experimentos considerables, sin esperar recompensa hasta que la Sociedad tuviese fondos suficientes para dársela".

La consecuencia necesaria del reconocimiento oficial de las sociedades fue la conformidad general en las ideas, evitando todos los temas susceptibles de provocar controversias políticas y religiosas. En Francia, la Iglesia abandonó de mala gana su insistencia en la filosofía aristotélica y aceptó la transacción propuesta por Descartes. En la Gran Bretaña, la misma división de los campos de interés se efectuó de otra manera. Provino de las perturbaciones provocadas por la Gran Rebelión, a mediados del siglo XVII, y del deseo que tenían los primeros científicos de evitar las interminables disputas teológico-políticas en que se empeñaba la mayor parte de los intelectuales en aquellos tiempos. En el proyecto de preámbulo a los Estatutos de la Royal Society, escrito por Hooke en 1663, se establecía que:

El objetivo de la Royal Society es: Mejorar el conocimiento de las cosas naturales, y de todas las Artes útiles, las Manufacturas, las prácticas Mecánicas, los Artificios y las Invenciones a través del Experimento (sin entrometerse con la Teología, la Metafísica, la Moral, la Política, la Gramática, la Retórica o la Lógica).

Promesas y realizaciones: primeros fracasos y éxitos ulteriores.

Es interesante hacer notar que, tanto en Francia como en Inglaterra, la actividad plena de las sociedades científicas, como tales, estuvo limitada a un período relativamente corto. Hacia 1690 ambas sociedades se encontraban en un estado de seria decadencia, y el resurgimiento que tuvieron en el siglo XVIII vino a ser prácticamente una nueva fundación. Su establecimiento, lo mismo que el apoyo general y el interés tan grande que suscitaron en la sociedad, indican el entusiasmo y la atención que despertaba entonces la ciencia, sin que fuera ajena la perspectiva de que pudiera producir ganancias. Esto último fue lo que dio lugar a serias dificultades. Francis Bacon -al igual que Roger Bacon cuatro siglos antes- había entendido claramente la idea de que la comprensión de la naturaleza era el único medio de dominarla en beneficio del hombre. Pero hay una diferencia considerable entre tener una idea y realizarla. En rigor, aunque era muy importante, sólo había un dominio -el de la astronomía y la navegación- en el cual la nueva ciencia, que se limitaba prácticamente a la matemática y la física, había encontrado verdadero empleo. En 1666, Sir Antony Deane logró encontrar primero el calado de un barco antes de proceder a su construcción, pero esto no tuvo efecto notable en la práctica. La primitiva Royal Society prometió mucho más de lo que podía llevar al cabo; y esto dio cierta justificación, sobre todo a la corta, a la ridiculización que se hizo de ella entre los intelectuales no científicos, de la cual tenemos el ejemplo más famoso en la sátira hecha por Swift en los Viajes de Gulliver.

A la larga, en cambio, el efecto fue enteramente diferente. Por el estímulo que dio a "la comprensión de los oficios por parte de los naturalistas", la Royal Society pudo establecer los cimientos de aquel examen racional y aquella reconstrucción de las artes tradicionales y de las manufacturas, que desembocaron en la Revolución Industrial del siglo siguiente. En realidad, sus trabajos llevaron directamente a lo que fue la característica central de esta revolución: la máquina de vapor que, con todo derecho, puede ser denominada máquina filosófica. Esta máquina no fue fruto del trabajo de ningún inventor aislado, sino de los grupos de científicos agrupados en la Academia del Cimento, la Royal Society y la Académie des Sciences.

La ciencia se convierte en una institución.

La fundación de las primeras sociedades científicas tuvo otro

efecto más duradero: convirtió a la ciencia en una institución, con las insignias, la solemnidad y, desgraciadamente, una cierta dosis de la pompa y la pedantería de las viejas instituciones de derecho y medicina. De hecho, estas sociedades se constituyeron en un cuerpo científico lo suficientemente autorizado para excluir a muchos de los charlatanes y locos, que para el público general es difícil distinguir de los genuinos hombres de ciencia; pero, por desgracia, también sirvieron para excluir de la ciencia oficial, por lo menos temporalmente, muchas ideas revolucionarias. Los temas en que se interesaron los científicos agrupados en las sociedades durante el último tercio del siglo XVII -como lo muestran sus Philosophical Transactions- abarcaron casi todos los aspectos de la naturaleza y de la vida práctica, desde las distancias de las estrellas hasta los animalculos que habitan las aguas picantes, y desde el arte de los colorantes hasta la consideración de la mortalidad.

El primer manifiesto de la ciencia recién organizada fue la History of the Royal Society, escrita por el Obispo Sprat en 1667, cuando la sociedad apenas contaba cinco años de establecida. De manera inevitable, más que una historia es un programa y una defensa de la filosofía experimental. Después de denunciar las distintas variedades de filósofos dogmáticos, Sprat aprueba:

La Tercera especie de nuevos Filósofos, que son aquellos que no sólo están en desacuerdo con los Antiguos, sino que también proponen el curso de la lenta y segura Experimentación; y que han proseguido adelante hasta donde se los ha permitido la brevedad de sus propias Vidas, o la multiplicidad de sus otros asuntos, o la limitación de sus Fortunas.

Sprat defiende la inclusión en la sociedad de hombres de todos los rangos y ocupaciones y de todos los países, y luego se ocupa de la raison d'êtres esencial, que es:

la índole de la época en que vivimos. Porque ahora el Genio de la Experimentación se encuentra tan disperso que, aun en esta Nación, apenas si hay organizadas una, o cuando mucho dos, de estas Asambleas; sin que puedan contar con suficientes hombres capaces de realizar sus tareas. En todos los sitios y rincones hay quienes se ocupan con entusiasmo de este Trabajo; y así encontramos diariamente muchas Nobles Rarezas

que no sólo son ejecutadas por los Doctos y los Filósofos profesionales; sino también en los Talleres de Mecánicos; en los Viajes de los Comerciantes; en los Arados de los Agricultores; en los Deportes, en las Pesquerías, en los Parques, en los Jardines de los Caballeros; y, por lo tanto, las dudas únicamente se refieren a las Epocas futuras. Y, aun respecto de ellas, podemos asegurar una promesa; que, por mucho tiempo, no tropezarán con la barrera de una Raza de mentes inquisidoras, cuando el camino se encuentra tan plenamente allanado ante ellos; cuando ellos hayan probado estos primeros Frutos, y se sientan excitados por este Ejemplo.

Sprat concluye su exposición de los experimentos e instrumentos de la sociedad, comentando "el modo de su discurso" y la necesidad de omitir "la prolijidad y la redundancia en el discurso". Por esta razón, ellos rigurosamente

... rechazan todas las amplificaciones, digresiones y ampulósidades en el estilo: para volver a la pureza primitiva y a la brevedad, cuando los hombres representaban muchas cosas casi con igual número de palabras. Ellos exigían a todos sus miembros una manera directa y desnuda de hablar; expresiones positivas, significados claros; una facilidad natural; llevando todas las cosas tan cerca como fuera posible de la simplicidad Matemática; y prefiriendo el lenguaje de los Artesanos, Agricultores y Comerciantes, antes que el de los Sabios o los Eruditos.

Lo cierto es que el estilo empleado en la lengua inglesa fue enormemente simplificado a fines del siglo XVII. A este respecto, es curioso el comentario hecho por Samuel Johnson, cien años después, sobre lo escrito por Sprat:

Es uno de los pocos libros cuyos sentimientos y elegancia de dicción son tan selectos que han podido perdurar, no obstante que fue escrito sobre un tema flúido y transitorio. La History of the Royal Society es leída ahora, no con el deseo de conocer lo que en dicha sociedad se hacía entonces, sino cómo fueron expresadas por Sprat sus maneras de proceder...

### La mecánica celeste: la síntesis Newtoniana.

Todas las conquistas que hemos mencionado testimonian el gran florecimiento de la actividad científica en muchos campos. Pero es indudable que el interés central y el mayor triunfo científico del siglo XVII lo constituyó la integración de un sistema general de la mecánica, capaz de explicar el movimiento de las estrellas en función del comportamiento observable de la materia en la tierra. En esto fue en lo que los modernos consiguieron establecer definitivamente la superioridad de su explicación, con respecto a la de los antiguos griegos. En realidad, tanto los antiguos como los modernos coincidían en la importancia que concedían al estudio de los cielos. Pero, debido a que los intereses de los modernos eran más prácticos que filosóficos, necesitaban una respuesta de otra índole muy diferente. El encontrar esta respuesta en forma completa y satisfactoria fue tarea de toda una serie de matemáticos y astrónomos, que incluye a casi todos los grandes nombres científicos de la época: Galileo, Kepler, Descartes, Borelli, Hooke, Huygens, Halley, Wren y que condujo a la clara unificación de la mecánica en De Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica de Newton, en donde formuló y demostró su teoría de la gravitación universal.

El interés intrínseco en el problema de los movimientos del sistema solar era todavía muy grande, aunque, de hecho, su importancia filosófica y teológica ya se había desvanecido con la destrucción de la cosmología de los antiguos. El proceso de Galileo representó, en realidad, una condenación inútil del aristotelismo clerical. Pero el nuevo edificio que iba a tomar su lugar no se completaría hasta que no se pudiera encontrar una explicación física aceptable del sistema de Copérnico y Kepler. Por ésta y otras razones fue que casi todos los filósofos naturalistas especularon, experimentaron e hicieron cálculos con vistas a hallar dicha explicación. Y algunos lograron aproximarse bastante -Hooke en particular- antes de que Newton consumara su obra de formular la explicación buscada.

### Determinación de la longitud geográfica.

Los astrónomos tenían además otra razón más imperiosa para descubrir las leyes del movimiento del sistema solar. Necesitaban contar con tablas astronómicas más precisas que las existentes, las cuales habían bastado en la época en que la astronomía se requería

principalmente para hacer predicciones astrológicas. Las exigencias de la navegación eran mucho más severas. La determinación de la posición de un buque en alta mar era un problema que se presentaba repetidamente; y, en esta determinación, la parte más difícil era la longitud. Además, el problema se hacía cada vez más urgente, a medida que se empleaba mayor cantidad de recursos económicos y militares en aventuras marítimas, especialmente por parte de aquellos países que eran a la vez los centros del avance científico: Inglaterra, Francia y Holanda. La determinación de la longitud geográfica fue una cuestión que preocupó a los astrónomos y a los marinos durante muchas décadas, e incluso durante siglos. Y, justamente con el propósito de ayudar a la solución de este problema práctico, fue que se establecieron las primeras instituciones científicas sostenidas económicamente por el Estado: el Observatoire Royal de París, en 1672; y el Royal Observatory de Greenwich, en 1675.

La solución del problema de la determinación de la longitud se encuentra, esencialmente, en la determinación de la hora absoluta, como ahora decimos, de la hora de Greenwich en cualquier lugar. Al comparar esta hora con la hora local, se obtiene el intervalo de tiempo que es directamente convertible en longitud. Para determinar la hora de Greenwich en un lugar cualquiera sólo había dos métodos, por lo menos antes de que se inventara el radio: uno era el de observar los movimientos de la luna entre las estrellas, con lo cual se empleaba un reloj ya existente en el firmamento; y el otro consistía en llevar un reloj exacto, puesto originalmente con la hora del meridiano tomado como origen. El primer método requería de tablas sumamente precisas para la predicción de la posición de los cuerpos celestes; y el segundo exigía contar con mecanismos de reloj absolutamente dignos de confianza. En el curso de todo el siglo XVII y una gran parte del XVIII se hicieron reiterados esfuerzos en ambos sentidos, sin obtenerse una ventaja definida para alguno de ellos. Esto constituyó un estímulo inmediato para pensar, observar y experimentar; en parte, simplemente con motivos mercenarios, pero también por razones de prestigio nacional e individual.

#### El cronómetro.

Al principio, los dos métodos eran completamente diferentes:

uno se refería al movimiento de ciertos mecanismos que se podían controlar materialmente, en tanto que el otro tenía relación con el movimiento de las esferas en el espacio vacío. No obstante, cuando se avanzó en su estudio se encontró que tenían como base común a la dinámica. El propio Galileo fue quien descubrió que el controlador ideal, porque su oscilación es constante, es el péndulo. Por su parte, Hooke hizo la contribución práctica fundamental del volante de equilibrio controlado por un muelle, que sirvió para evitar que el movimiento del barco afectara la oscilación del péndulo. En todo caso, la construcción de un instrumento preciso para contar el tiempo dependía del conocimiento de las leyes del movimiento oscilatorio de los cuerpos; y en este sentido fue que Huygens resolvió el problema y estableció la base para el primer cronómetro, en su libro De Horologium Oscillatorium, 1673. Pero aún pasó mucho tiempo antes de que estos principios pudieran servir efectivamente en la práctica, a través del perfeccionamiento de la mano de obra. Finalmente, el cronómetro de Harrison obtuvo en 1765 el premio ofrecido por el Almirantazgo para la determinación de la longitud.

#### Los movimientos planetarios: la doctrina de la atracción.

A pesar de que con la investigación puramente astronómica no se logró suministrar la solución práctica, no obstante, a la postre resultó ser más valiosa para la ciencia del futuro; sobre todo, porque estimuló la indagación de una solución matemática y dinámica al problema del movimiento planetario. Muchos investigadores habían especulado acerca de por qué los planetas se mueven alrededor del sol en las órbitas elípticas mostradas por primera vez por Kepler, y habían sospechado que esto podía deberse a la acción de alguna fuerza atractiva. De hecho, la idea de la atracción era corriente entre los científicos desde el estudio del imán por Gilbert y aún antes. Con el imán se demostró que era posible la atracción a distancia, y el propio Gilbert había sugerido que los planetas podían mantenerse en su posición y ser impulsados a recorrer sus órbitas, precisamente por la acción del magnetismo.

Borelli introdujo en 1666 la importante idea de que el movimiento de los planetas implicaba necesariamente la existencia de una fuerza que equilibrara a la fuerza centrífuga, tal como la que ejerce la honda sobre la piedra, y la consideró como la fuerza de gravedad que se extiende más allá de la vecindad inmediata de la tierra, llegando hasta la luna y desde el sol hasta los planetas.

principalmente para hacer predicciones astrológicas. Las exigencias de la navegación eran mucho más severas. La determinación de la posición de un buque en alta mar era un problema que se presentaba repetidamente; y, en esta determinación, la parte más difícil era la longitud. Además, el problema se hacía cada vez más urgente, a medida que se empleaba mayor cantidad de recursos económicos y militares en aventuras marítimas, especialmente por parte de aquellos países que eran a la vez los centros del avance científico: Inglaterra, Francia y Holanda. La determinación de la longitud geográfica fue una cuestión que preocupó a los astrónomos y a los marinos durante muchas décadas, e incluso durante siglos. Y, justamente con el propósito de ayudar a la solución de este problema práctico, fue que se establecieron las primeras instituciones científicas sostenidas económicamente por el Estado: el Observatoire Royal de París, en 1672; y el Royal Observatory de Greenwich, en 1675.

La solución del problema de la determinación de la longitud se encuentra, esencialmente, en la determinación de la hora absoluta, como ahora decimos, de la hora de Greenwich en cualquier lugar. Al comparar esta hora con la hora local, se obtiene el intervalo de tiempo que es directamente convertible en longitud. Para determinar la hora de Greenwich en un lugar cualquiera sólo había dos métodos, por lo menos antes de que se inventara el radio: uno era el de observar los movimientos de la luna entre las estrellas, con lo cual se empleaba un reloj ya existente en el firmamento; y el otro consistía en llevar un reloj exacto, puesto originalmente con la hora del meridiano tomado como origen. El primer método requería de tablas sumamente precisas para la predicción de la posición de los cuerpos celestes; y el segundo exigía contar con mecanismos de reloj absolutamente dignos de confianza. En el curso de todo el siglo XVII y una gran parte del XVIII se hicieron reiterados esfuerzos en ambos sentidos, sin obtenerse una ventaja definida para alguno de ellos. Esto constituyó un estímulo inmediato para pensar, observar y experimentar; en parte, simplemente con motivos mercenarios, pero también por razones de prestigio nacional e individual.

#### El cronómetro.

Al principio, los dos métodos eran completamente diferentes:

uno se refería al movimiento de ciertos mecanismos que se podían controlar materialmente, en tanto que el otro tenía relación con el movimiento de las esferas en el espacio vacío. No obstante, cuando se avanzó en su estudio se encontró que tenían como base común a la dinámica. El propio Galileo fue quien descubrió que el controlador ideal, porque su oscilación es constante, es el péndulo. Por su parte, Hooke hizo la contribución práctica fundamental del volante de equilibrio controlado por un muelle, que sirvió para evitar que el movimiento del barco afectara la oscilación del péndulo. En todo caso, la construcción de un instrumento preciso para contar el tiempo dependía del conocimiento de las leyes del movimiento oscilatorio de los cuerpos; y en este sentido fue que Huygens resolvió el problema y estableció la base para el primer cronómetro, en su libro De Horologium Oscillatorium, 1673. Pero aún pasó mucho tiempo antes de que estos principios pudieran servir efectivamente en la práctica, a través del perfeccionamiento de la mano de obra. Finalmente, el cronómetro de Harrison obtuvo en 1765 el premio ofrecido por el Almirantazgo para la determinación de la longitud.

#### Los movimientos planetarios: la doctrina de la atracción.

A pesar de que con la investigación puramente astronómica no se logró suministrar la solución práctica, no obstante, a la postre resultó ser más valiosa para la ciencia del futuro; sobre todo, porque estimuló la indagación de una solución matemática y dinámica al problema del movimiento planetario. Muchos investigadores habían especulado acerca de por qué los planetas se mueven alrededor del sol en las órbitas elípticas mostradas por primera vez por Kepler, y habían sospechado que esto podía deberse a la acción de alguna fuerza atractiva. De hecho, la idea de la atracción era corriente entre los científicos desde el estudio del imán por Gilbert y aún antes. Con el imán se demostró que era posible la atracción a distancia, y el propio Gilbert había sugerido que los planetas podían mantenerse en su posición y ser impulsados a recorrer sus órbitas, precisamente por la acción del magnetismo.

Borelli introdujo en 1666 la importante idea de que el movimiento de los planetas implicaba necesariamente la existencia de una fuerza que equilibrara a la fuerza centrífuga, tal como la que ejerce la honda sobre la piedra, y la consideró como la fuerza de gravedad que se extiende más allá de la vecindad inmediata de la tierra, llegando hasta la luna y desde el sol hasta los planetas.

Para explicar la forma elíptica de la órbita, teniendo en cuenta que el planeta se mueve con mayor velocidad cuando se encuentra más cerca del sol, la fuerza de gravedad debería aumentar entonces para equilibrar el incremento de la fuerza centrífuga. Por lo tanto, la fuerza de gravedad es una función exponencial de la distancia. El problema consistía en saber cuál función. Hooke, quien ya sospechaba que la gravedad disminuye con la distancia, trató de confirmar esto determinando la variación en el peso de un cuerpo colocado a distintos niveles -en la superficie terrestre, en el tiro de una mina y en lo alto de un campanario- pero sus esfuerzos fueron vanos.

Siguió prevaleciendo la teoría de la gravedad de Descartes, o sea, la de que los cuerpos pesados eran succionados hacia sus centros de atracción por "algún secreto principio de insociabilidad de los éteres de sus vórtices", para citar a Newton, quien todavía en 1679 sustentaba esta teoría.

Las cosas no podían ir más allá, mientras estas ideas generales no pudieran ser reducidas a una forma matemática y fuera posible verificarlas con observaciones. El primer paso en este sentido lo dio Huygens en 1673, cuando anunció la ley de la fuerza centrífuga, en conexión con su trabajo sobre los péndulos de reloj, mostrando que dicha fuerza varía proporcionalmente al radio del péndulo y en proporción inversa al cuadrado del período. Ahora bien, de acuerdo con la tercera ley de Kepler, el cuadrado del período es proporcional al cubo del radio y, por lo tanto, de esto se concluye que la atracción gravitatoria -o fuerza centrípeta necesaria para equilibrar la fuerza centrífuga- debe depender del radio dividido entre su cubo, esto es, del inverso del cuadrado del radio. Hooke, Halley y Wren hicieron esta inferencia hacia 1679. Pero todavía subsistían dos problemas: la explicación de las órbitas elípticas y el modo en que ejercen su acción los grandes cuerpos atractivos. Hooke escribió a Newton puntualizando estos problemas, pero no recibió respuesta. Por su parte, Halley ofreció en 1684 un premio a quien los resolviera. Estaba claro que la solución se encontraba ya muy próxima; pero, aun que fueron muchos los investigadores que se empeñaron en la tarea, sólo uno tuvo la habilidad matemática para encontrar esa solución y para extraer de ella las conclusiones revolucionarias que implicaba.

### Isaac Newton.

El hombre fue Isaac Newton -nacido en 1642, año en que murió Galileo-, perteneciente a la joven generación de miembros de la Royal Society y ya bastante conocido por sus investigaciones matemáticas y ópticas. La familia de Newton pertenecía a la nueva clase rural, que ya había producido a Cromwell y a los funcionarios parlamentarios. Fue hijo póstumo de un pequeño hacendado de Lincolnshire, con relaciones bastante buenas como para poder enviarlo a Cambridge, donde estudió sin particular distinción. En 1663 entró en contacto con el sabio e infatigable viajero Isaac Barrow (1630-1677), al ser éste designado como profesor de matemáticas. Barrow estimó mucho el talento de Newton y le cedió su cátedra en 1669, cuando tenía 26 años de edad, a pesar de que todavía no publicaba nada y era muy poco lo que de él se sabía. Newton permaneció en Cambridge hasta 1696, cuando su merecida fama hizo que lo nombraran para la cátedra Warden; más tarde fue designado director de la Casa de Moneda, con un sueldo anual de 400 libras esterlinas, puesto que siempre consideró muy honroso y cuyas labores desempeñó concienzudamente.

En Cambridge, Newton trabajó en óptica, en otras muchas ramas de la física, en química, en cronología bíblica y en la teología de la herejía arriana. Al parecer, no tuvo mayor influencia en la Universidad y nunca fundó escuela. Recibió la influencia de un grupo profundamente religioso de platónicos, dirigido por Henry More; y, a través de esta influencia, los elementos platónicos ingresaron en la filosofía de Newton y, por consiguiente, en la ciencia moderna. En general, se conformó a las concepciones de su clase, representó a la Universidad de Cambridge en el Parlamento y apoyó la transacción del partido liberal -whig- en política. Esto le ayudó a conformar sus ideas, que en un principio parecieron respetables y sólo después mostraron su contenido revolucionario. Newton tuvo personalmente un carácter sumamente raro, muy reservado y retraído, incluso introvertido. Nunca contrajo matrimonio y tampoco aceptó recibir las órdenes religiosas, debido a sus dudas acerca de la Trinidad. Sus amplios y penetrantes conocimientos lo hicieron adquirir una aguda autocrítica; pero, por eso mismo, se hizo mucho más sensible a la crítica de los demás.

La participación pública de Newton en las discusiones acerca de la gravitación comenzó más tarde. Es posible que ya le haya preocupado cuando se retiró a su hogar en Woolsthorpe antes de

graduarse "en 1665, año de la peste" y no es imposible que su observación de la caída de la manzana haya ocurrido realmente. Pero, en todo caso, tenía dudas acerca de si le debería dar o no una gran importancia, ya que no publicó nada por entonces y se ocupó de otras cosas durante 20 años. Sus obras posteriores muestran cómo era capaz de considerar varias hipótesis incompatibles entre sí, antes de decidirse por una de ellas; y es posible que así hiciera respecto a la gravitación, como lo indica su especulación cartesiana de 1679, que antes citamos textualmente. Lo cierto es que lo que pensaba Newton en 1665 no pudo haber influido en el curso de la ciencia y, por otra parte, que la ley del inverso del cuadrado ya había sido encontrada por otros, antes de que Newton la publicara.

No obstante, la contribución de Newton fue decisiva. Logró encontrar el método matemático para convertir los principios físicos en resultados calculables cuantitativamente y susceptibles de confirmación en la observación; y recíprocamente, para poder llegar a los principios físicos partiendo de dichas observaciones. Según sus propias palabras, en el prefacio de los Principia:

Ofrezco esta obra en calidad de principios matemáticos de la filosofía, porque la tarea entera de la filosofía parece consistir en esto: partir de los fenómenos de los movimientos para investigar las fuerzas de la Naturaleza y, entonces, partir de estas fuerzas para demostrar los otros fenómenos...; deseo que el resto de los fenómenos de la Naturaleza se pueda derivar de los principios mecánicos por un razonamiento de la misma especie, porque he sido inducido por muchas razones a sospechar que todos ellos dependen de ciertas fuerzas que hacen que las partículas de los cuerpos, por algunas causas desconocidas hasta ahora, o se atraen mutuamente o se unen en figuras regulares o, bien se repelen y se alejan unas de otras. Como estas fuerzas se desconocen, hasta ahora los filósofos han intentado en vano explorar la Naturaleza; pero yo espero que los principios aquí establecidos puedan arrojar alguna luz sobre esto o acerca de un método más verdadero para la filosofía.

#### El cálculo infinitesimal.

El instrumento de que se sirvió Newton fue el cálculo infinite

simal o, como lo denominó él, método de las fluxiones (el flujo constante de una función continua). Este método vino a ser la culminación del esfuerzo de muchas generaciones de matemáticos, empezando desde los predecesores babilonios, e incluyendo a Eudoxio y Arquímedes. Durante el siglo XVII se desarrolló con rapidez, a través de los trabajos de Fermat y Descartes. La forma en que ahora conocemos el cálculo infinitesimal le fue dada por Leibniz (1646-1716). Desde el punto de vista del progreso de la ciencia, no tiene mucha importancia el decidir si es a Newton o a Leibniz a quien le corresponde el mérito mayor o la originalidad, por más que esto fue motivo de una encarnizada controversia en esa época. Lo importante es que Newton utilizó su método de las fluxiones para resolver cuestiones vitales de la física y que enseñó a otros a hacer lo mismo.

Empleando el cálculo infinitesimal es posible encontrar la posición de un cuerpo en cualquier instante, conociendo las relaciones entre dicha posición y su velocidad, o el ritmo en que cambia su velocidad en cualquier otro instante. En otras palabras, una vez que se conoce la ley de las fuerzas se puede calcular la trayectoria. Aplicada inversamente, la ley newtoniana de la fuerza gravitatoria se desprende directamente de la ley del movimiento de Kepler. Matemáticamente, se trata de dos maneras diferentes de decir la misma cosa; pero, en tanto que las leyes del movimiento planetario parecen abstractas, en cambio la idea de un planeta mantenido en su curso por una poderosa fuerza de atracción es una imagen fácil de entender, aunque la fuerza gravitacional misma siga siendo un completo misterio.

El cálculo, tal como fue desarrollado por Newton, podía servir, y de hecho le sirvió a él mismo, para resolver una gran variedad de problemas mecánicos e hidrodinámicos. De inmediato se convirtió en el instrumento matemático para la comprensión de todas las variables y movimientos y, luego, de toda la ingeniería mecánica; y se ha mantenido casi como instrumento único hasta el presente siglo. En un sentido enteramente real, el cálculo infinitesimal ha sido para la nueva ciencia un instrumento tan útil como el telescopio.

#### Los "Principia".

En los años de 1685 y 1686, Halley tuvo que emplear todo

graduarse "en 1665, año de la peste" y no es imposible que su observación de la caída de la manzana haya ocurrido realmente. Pero, en todo caso, tenía dudas acerca de si le debería dar o no una gran importancia, ya que no publicó nada por entonces y se ocupó de otras cosas durante 20 años. Sus obras posteriores muestran cómo era capaz de considerar varias hipótesis incompatibles entre sí, antes de decidirse por una de ellas; y es posible que así hiciera respecto a la gravitación, como lo indica su especulación cartesiana de 1679, que antes citamos textualmente. Lo cierto es que lo que pensaba Newton en 1665 no pudo haber influido en el curso de la ciencia y, por otra parte, que la ley del inverso del cuadrado ya había sido encontrada por otros, antes de que Newton la publicara.

No obstante, la contribución de Newton fue decisiva. Logró encontrar el método matemático para convertir los principios físicos en resultados calculables cuantitativamente y susceptibles de confirmación en la observación; y recíprocamente, para poder llegar a los principios físicos partiendo de dichas observaciones. Según sus propias palabras, en el prefacio de los Principia:

Ofrezco esta obra en calidad de principios matemáticos de la filosofía, porque la tarea entera de la filosofía parece consistir en esto: partir de los fenómenos de los movimientos para investigar las fuerzas de la Naturaleza y, entonces, partir de estas fuerzas para demostrar los otros fenómenos...; deseo que el resto de los fenómenos de la Naturaleza se pueda derivar de los principios mecánicos por un razonamiento de la misma especie, porque he sido inducido por muchas razones a sospechar que todos ellos dependen de ciertas fuerzas que hacen que las partículas de los cuerpos, por algunas causas desconocidas hasta ahora, o se atraen mutuamente o se unen en figuras regulares o, bien se repelen y se alejan unas de otras. Como estas fuerzas se desconocen, hasta ahora los filósofos han intentado en vano explorar la Naturaleza; pero yo espero que los principios aquí establecidos puedan arrojar alguna luz sobre esto o acerca de un método más verdadero para la filosofía.

#### El cálculo infinitesimal.

El instrumento de que se sirvió Newton fue el cálculo infinite

simal o, como lo denominó él, método de las fluxiones (el flujo constante de una función continua). Este método vino a ser la culminación del esfuerzo de muchas generaciones de matemáticos, empezando desde los predecesores babilonios, e incluyendo a Eudoxio y Arquímedes. Durante el siglo XVII se desarrolló con rapidez, a través de los trabajos de Fermat y Descartes. La forma en que ahora conocemos el cálculo infinitesimal le fue dada por Leibniz (1646-1716). Desde el punto de vista del progreso de la ciencia, no tiene mucha importancia el decidir si es a Newton o a Leibniz a quien le corresponde el mérito mayor o la originalidad, por más que esto fue motivo de una encarnizada controversia en esa época. Lo importante es que Newton utilizó su método de las fluxiones para resolver cuestiones vitales de la física y que enseñó a otros a hacer lo mismo.

Empleando el cálculo infinitesimal es posible encontrar la posición de un cuerpo en cualquier instante, conociendo las relaciones entre dicha posición y su velocidad, o el ritmo en que cambia su velocidad en cualquier otro instante. En otras palabras, una vez que se conoce la ley de las fuerzas se puede calcular la trayectoria. Aplicada inversamente, la ley newtoniana de la fuerza gravitatoria se desprende directamente de la ley del movimiento de Kepler. Matemáticamente, se trata de dos maneras diferentes de decir la misma cosa; pero, en tanto que las leyes del movimiento planetario parecen abstractas, en cambio la idea de un planeta mantenido en su curso por una poderosa fuerza de atracción es una imagen fácil de entender, aunque la fuerza gravitacional misma siga siendo un completo misterio.

El cálculo, tal como fue desarrollado por Newton, podía servir, y de hecho le sirvió a él mismo, para resolver una gran variedad de problemas mecánicos e hidrodinámicos. De inmediato se convirtió en el instrumento matemático para la comprensión de todas las variables y movimientos y, luego, de toda la ingeniería mecánica; y se ha mantenido casi como instrumento único hasta el presente siglo. En un sentido enteramente real, el cálculo infinitesimal ha sido para la nueva ciencia un instrumento tan útil como el telescopio.

#### Los "Principia".

En los años de 1685 y 1686, Halley tuvo que emplear todo

su poder persuasivo para convencer a Newton de que incorporara la solución de los movimientos planetarios a su Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica. La obra fue publicada por la Royal Society, después de haber obtenido la aprobación para imprimirse de su presidente -que era entonces Samuel Pepys-, pero la Sociedad carecía de fondos suficientes y Halley tuvo que pagar los gastos de su propio bolsillo. Esta obra es inigualable hasta ahora en la historia de la ciencia, por la manera en que se sostienen y desarrollan los argumentos físicos. Desde el punto de vista matemático, sólo es comparable a los Elementos de Euclides; y, respecto a su penetración física y al efecto que tuvo sobre las ideas, únicamente se puede comparar al Origin of Species de Darwin. Inmediatamente se convirtió en la biblia de la nueva ciencia, no tanto como fuente venerada de doctrina -aun que hubo cierto peligro de esto, especialmente en Inglaterra-, sino como punto de partida para ampliar los métodos ejemplificados en ella.

Newton, en sus Principia, fue mucho más allá del establecimiento de las leyes del movimiento de los planetas. Su mayor propósito consistió en demostrar cómo la gravitación universal podía mantener el sistema del mundo. Pero no trató de conseguirlo por el antiguo camino filosófico, sino por el nuevo sendero cuantitativo y físico. En este sentido tuvo que realizar previamente otras dos tareas: primero, demoler todas las concepciones filosóficas anteriores, tanto antiguas como modernas; y, entonces, establecer su propia manera de explicar los fenómenos, que no sólo resultó ser la correcta, sino también la más exacta.

Una gran parte de los Principia está dedicada a hacer una refutación concienzuda y cuantitativa del sistema más aceptado entonces -y con el cual coqueteó el propio Newton-, que era la concepción cartesiana con su conjunto de torbellinos en que se movía cada planeta. Se trataba de una genial idea intuitiva, pero totalmente incapaz de dar -como lo demostró Newton- resultados cuantitativos precisos. Al hacer esto, Newton se vio conducido a fundar la ciencia de la hidrodinámica, discutiendo y refinando las ideas de viscosidad y de resistencia del aire; con lo cual estableció las bases de la mecánica de los fluidos, que tuvo su pleno desenvolvimiento en la época del aeroplano.

Aunque Newton utilizó el cálculo para obtener sus resultados, en los Principia tuvo el cuidado de volver a elaborar todos sus razonamientos al modo de la geometría clásica griega, que era comprensible para los otros matemáticos y astrónomos. La consecuencia práctica inmediata de su publicación fue el suministrar un sistema de cálculo

que permitía determinar con mucho mayor precisión las posiciones de la luna y de los planetas, con base en un mínimo de observaciones; cosa que sus predecesores sólo podían hacer por medio de la extensión empírica de grandes series de observaciones. Por ejemplo, con el sistema newtoniano, son suficientes tres observaciones para fijar la posición de un objeto celeste indefinidamente en el futuro.

La prueba práctica de esto la dio poco después de Newton su amigo Halley, con su famoso cometa, cuyo retorno fue predicho venturosamente con base en las teorías newtonianas. Las tablas de navegación se hicieron mucho más precisas, gracias al empleo de las teorías newtonianas. Desgraciadamente, el objeto celeste más conspicuo que se puede observar, con el propósito de determinar la longitud, es la luna, que tiene al mismo tiempo el movimiento más complicado dentro del sistema solar. El movimiento lunar nunca pudo ser reducido a un orden lo suficientemente simple para servir de buena orientación a los navegantes; y, por eso, fueron finalmente los relojeros con mentalidad científica quienes obtuvieron el premio -o la parte de éste que consiguieron sacarle al Almirantazgo- sobre los astrónomos con mentalidad mecánica.

#### Newton sustituye a Aristóteles: un universo establecido frente a un universo afirmado.

La teoría newtoniana de la gravitación y su contribución a la astronomía señalan la etapa final de la transformación de la concepción aristotélica del mundo, que iniciara Copérnico. La visión de las esferas puestas en acción por un primer motor o por los ángeles bajo el mandato de Dios, quedó sustituida efectivamente por la consideración de un mecanismo que funcionaba de acuerdo con una simple ley natural, sin requerir la aplicación continua de una fuerza, ya que únicamente habría necesitado de la intervención divina para su creación y para ser puesto en movimiento.

Newton mismo, que estaba enteramente seguro de su consideración, dejó abierta la puerta para que la intervención divina mantuviera la estabilidad del sistema. Pero esta puerta fue clausurada por Laplace, haciendo desaparecer la intervención divina. La solución de Newton, que contenía todas las magnitudes necesarias para la predicción práctica de las posiciones de la luna y los planetas, se abstiene del planteamiento de cuestiones fundamenta-

les acerca de la existencia de un plan divino. En realidad, Newton tenía conciencia de que él había revelado dicho plan y no deseaba plantear más cuestiones.

Newton hizo a un lado la embarazosa afirmación que había hecho acerca del movimiento al sostener, siguiendo a sus amigos platónicos, que el espacio era el sensorio -la conciencia o el cerebro- de Dios y, por ello, tenía que ser absoluto. De esta manera evitó confundirse en teorías relativistas. Su propia teoría no daba razones de por qué los planetas se hallan más o menos en un mismo plano y se mueven en el mismo sentido; para lo cual los torbellinos cartesianos habían dado una fácil explicación. Newton disfracó honradamente su ignorancia al respecto, postulando que tal había sido la voluntad de Dios al principio de la creación.

Para ese entonces había terminado la fase destructiva del Renacimiento y la Reforma; y se planteaba la necesidad de establecer una nueva transacción entre la religión y la ciencia, tal como las que existían entre la monarquía y la república y entre la gran burguesía y la nobleza. El sistema newtoniano del universo representa una concesión considerable de parte de la ortodoxia religiosa, ya que la mano de Dios dejó de ser claramente visible en cada acontecimiento celestial o terrestre, quedando confinada a la creación general y a la organización del conjunto. Dios se convirtió de hecho -al igual que los ungidos por él en la tierra- en un monarca constitucional. Y, por otra parte, los científicos convinieron en no entrometarse en el campo propio de la religión -el mundo de la vida humana, con sus aspiraciones y responsabilidades-. Esta transacción, sabiamente recomendada por el Obispo Sprat y predicada por el temible Dr. Bentley, en sus sermones sobre Boyle en 1692, se mantuvo hasta que surgió Darwin en el siglo XIX.

Aun cuando el sistema de la gravitación universal pareció ser en su época -y todavía parece ser- la máxima contribución de Newton, lo cierto es que su influencia sobre la ciencia, y fuera de ella, ha sido todavía más eficaz a través de los métodos que utilizó para obtener sus resultados. Su cálculo suministra un modo universal de pasar de los cambios de la magnitudes a las magnitudes mismas, y viceversa. Así estableció la clave matemática adecuada para encontrar la solución de los problemas físicos durante otros 200 años. Al formular sus leyes del movimiento, que no conectan la fuerza con el movimiento sino con el cambio de movimiento, rompió definitivamente con la vieja consideración del sentido común de que la fuerza era necesaria para mantener el

movimiento; relegando a la fricción -que hacía necesaria la vieja consideración en todos los mecanismos prácticos- a un papel secundario, lo cual corresponde al propósito de abolirla que tiene todo buen ingeniero. En una palabra, Newton estableció en definitiva la concepción dinámica del universo, en lugar de la concepción estática que había satisfecho a los antiguos. Esta transformación, junto con su atomismo, muestra que Newton concordaba inconscientemente con el mundo económico y social de su tiempo; en el cual la empresa individual, donde cada quien se abre su propio camino, había sustituido al orden jerárquico fijo del final del período clásico y de la época feudal, en donde cada quien sabía que lugar ocupaba.

Completamente aparte de estas conquistas reales, la obra de Newton -que representa el refinamiento final de un siglo de experimentos y cálculos- ofreció un método digno de confianza que pudo ser empleado con seguridad por los científicos posteriores. Al mismo tiempo volvió a mostrar, tanto a los científicos como a los no científicos, que el universo se encuentra regulado por leyes matemáticas simples. Por ello fue, como veremos más adelante que las leyes de la electricidad y el magnetismo fueron construidas sobre un modelo newtoniano, y que la teoría atómica de los químicos fue una consecuencia directa de las especulaciones atómicas de Newton.

#### El prestigio y la influencia de Newton.

Los mismos éxitos logrados por Newton trajeron aparejadas las correspondientes desventajas. Sus habilidades eran tan grandes y su sistema parecía ser tan perfecto, que positivamente desanimaron a los científicos para seguir avanzando durante el siglo siguiente, o, por lo menos, para profundizar en los campos de que él se ocupó. En la Gran Bretaña, esta restricción se mantuvo en las matemáticas hasta mediados del siglo XIX. La influencia de Newton perduró mucho más que su sistema, y el tono entero que dio a la ciencia sirvió también para que las severas limitaciones implicadas por su sistema -que se derivan principalmente de sus prejuicios teológicos- vinieran a ser reconocidas hasta la época de Einstein, y ni siquiera por completo.

Paradójicamente, ya que todo su despo consistía en limitar la filosofía a su expresión matemática, el efecto más inmedia

les acerca de la existencia de un plan divino. En realidad, Newton tenía conciencia de que él había revelado dicho plan y no deseaba plantear más cuestiones.

Newton hizo a un lado la embarazosa afirmación que había hecho acerca del movimiento al sostener, siguiendo a sus amigos platónicos, que el espacio era el sensorio -la conciencia o el cerebro- de Dios y, por ello, tenía que ser absoluto. De esta manera evitó confundirse en teorías relativistas. Su propia teoría no daba razones de por qué los planetas se hallan más o menos en un mismo plano y se mueven en el mismo sentido; para lo cual los torbellinos cartesianos habían dado una fácil explicación. Newton disfracó honradamente su ignorancia al respecto, postulando que tal había sido la voluntad de Dios al principio de la creación.

Para ese entonces había terminado la fase destructiva del Renacimiento y la Reforma; y se planteaba la necesidad de establecer una nueva transacción entre la religión y la ciencia, tal como las que existían entre la monarquía y la república y entre la gran burguesía y la nobleza. El sistema newtoniano del universo representa una concesión considerable de parte de la ortodoxia religiosa, ya que la mano de Dios dejó de ser claramente visible en cada acontecimiento celestial o terrestre, quedando confinada a la creación general y a la organización del conjunto. Dios se convirtió de hecho -al igual que los ungidos por él en la tierra- en un monarca constitucional. Y, por otra parte, los científicos convinieron en no entrometarse en el campo propio de la religión -el mundo de la vida humana, con sus aspiraciones y responsabilidades-. Esta transacción, sabiamente recomendada por el Obispo Sprat y predicada por el temible Dr. Bentley, en sus sermones sobre Boyle en 1692, se mantuvo hasta que surgió Darwin en el siglo XIX.

Aun cuando el sistema de la gravitación universal pareció ser en su época -y todavía parece ser- la máxima contribución de Newton, lo cierto es que su influencia sobre la ciencia, y fuera de ella, ha sido todavía más eficaz a través de los métodos que utilizó para obtener sus resultados. Su cálculo suministra un modo universal de pasar de los cambios de la magnitudes a las magnitudes mismas, y viceversa. Así estableció la clave matemática adecuada para encontrar la solución de los problemas físicos durante otros 200 años. Al formular sus leyes del movimiento, que no conectan la fuerza con el movimiento sino con el cambio de movimiento, rompió definitivamente con la vieja consideración del sentido común de que la fuerza era necesaria para mantener el

movimiento; relegando a la fricción -que hacía necesaria la vieja consideración en todos los mecanismos prácticos- a un papel secundario, lo cual corresponde al propósito de abolirla que tiene todo buen ingeniero. En una palabra, Newton estableció en definitiva la concepción dinámica del universo, en lugar de la concepción estática que había satisfecho a los antiguos. Esta transformación, junto con su atomismo, muestra que Newton concordaba inconscientemente con el mundo económico y social de su tiempo; en el cual la empresa individual, donde cada quien se abre su propio camino, había sustituido al orden jerárquico fijo del final del período clásico y de la época feudal, en donde cada quien sabía que lugar ocupaba.

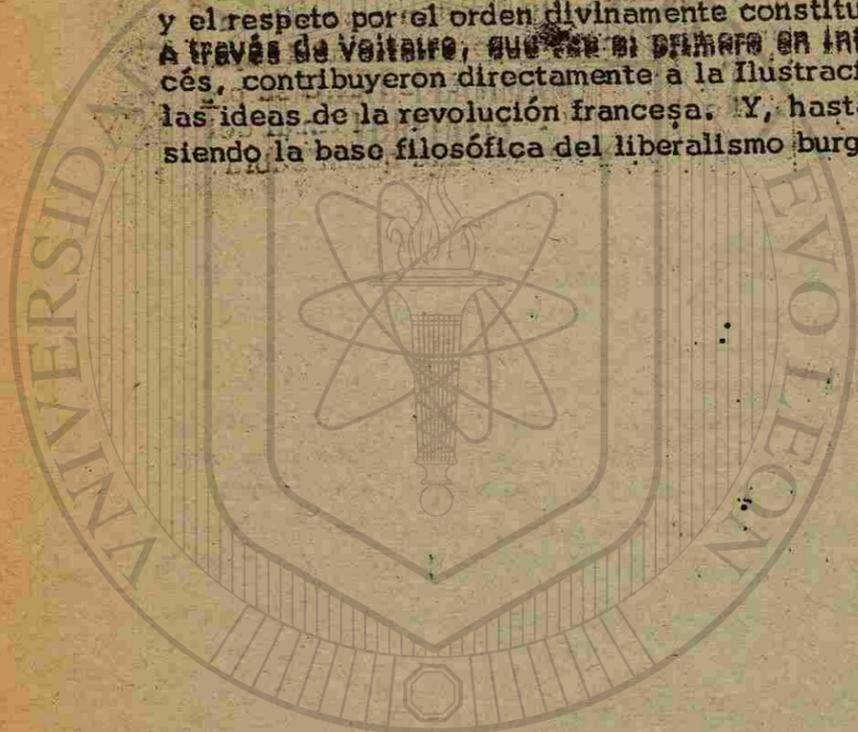
Completamente aparte de estas conquistas reales, la obra de Newton -que representa el refinamiento final de un siglo de experimentos y cálculos- ofreció un método digno de confianza que pudo ser empleado con seguridad por los científicos posteriores. Al mismo tiempo volvió a mostrar, tanto a los científicos como a los no científicos, que el universo se encuentra regulado por leyes matemáticas simples. Por ello fue, como veremos más adelante que las leyes de la electricidad y el magnetismo fueron construidas sobre un modelo newtoniano, y que la teoría atómica de los químicos fue una consecuencia directa de las especulaciones atómicas de Newton.

#### El prestigio y la influencia de Newton.

Los mismos éxitos logrados por Newton trajeron aparejadas las correspondientes desventajas. Sus habilidades eran tan grandes y su sistema parecía ser tan perfecto, que positivamente desanimaron a los científicos para seguir avanzando durante el siglo siguiente, o, por lo menos, para profundizar en los campos de que él se ocupó. En la Gran Bretaña, esta restricción se mantuvo en las matemáticas hasta mediados del siglo XIX. La influencia de Newton perduró mucho más que su sistema, y el tono entero que dio a la ciencia sirvió también para que las severas limitaciones implicadas por su sistema -que se derivan principalmente de sus prejuicios teológicos- vinieran a ser reconocidas hasta la época de Einstein, y ni siquiera por completo.

Paradójicamente, ya que todo su despo consistía en limitar la filosofía a su expresión matemática, el efecto más inmedia

to de las ideas newtonianas tuvo lugar en el campo económico y político. Tal como fueron expuestas, a través de la filosofía de su amigo Locke y de su sucesor Hume, las ideas newtonianas crearon un escepticismo general respecto a la autoridad y establecieron la creencia en el laissez-faire, que rebajó el prestigio de la religión y el respeto por el orden divinamente constituido de la sociedad. A través de Voltaire, que fue el primero en introducir su obra en francés, contribuyeron directamente a la Ilustración y, por lo tanto, a las ideas de la revolución francesa. Y, hasta nuestros días, siguen siendo la base filosófica del liberalismo burgués.



U A N L

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

LECTURAS



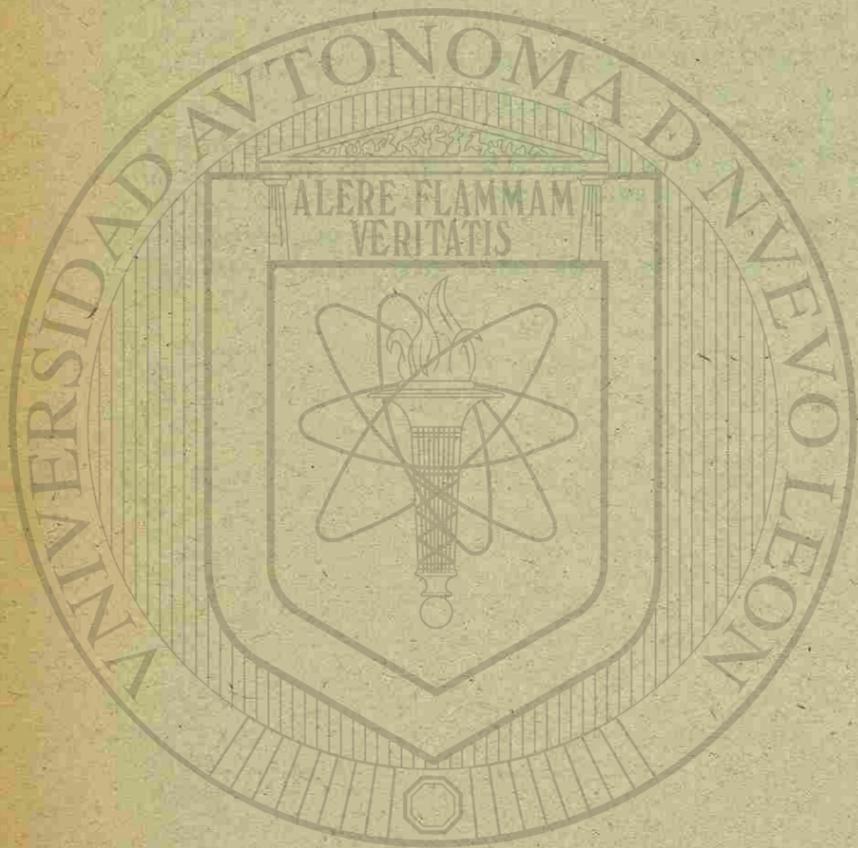
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Tema A: La idea de la ciencia moderna

Francis Bacon (1561-1626)\*

Francis Bacon nació en 1561 y murió en 1626. Se le ha considerado como el iniciador de la filosofía moderna; sin embargo, una consideración más atenta tiene que reconocer que sólo en Descartes alcanza la modernidad una filosofía plenamente lograda; en rigor, Bacon significa la culminación del Renacimiento, si se entiende por él, desde el punto de vista filosófico, la época germinal y titubeante que se extiende entre la última fase de la Escolástica medieval y el racionalismo del siglo XVII entre Ockam y el pensamiento cartesiano. Bacon renueva la empresa intentada en el siglo XIII por Roger Bacon, pero, si bien con menos originalidad, indudablemente con mayor alcance: la fundamentación de un conocimiento experimental, de base científica. En Francis Bacon, además, es patente el interés por la técnica, por el dominio efectivo del mundo.

Bacon se educó en el famoso Trinity College de Cambridge, y allí se inició su antiaristotelismo y el plan de su reforma filosófica; estuvo en París; fué miembro del Parlamento; participó activamente en la vida pública durante los reinados de Isabel y Jacobo I; fué nombrado Lord Canciller de Inglaterra; tuvo el título de barón de Verulam. Finalmente, fué acusado por corrupción, destituido y apartado de la política hasta su muerte.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE

El material de este ensayo ha sido tomado de: La Filosofía en sus textos, Selección, comentarios e introducciones por Julián Marías. Barcelona: Tomo I de Tales a Galileo, Segunda Edición. Editorial Labor, S.A. 1963. Pp. 846, 846-848, 849-850, 855-856, 858, 860-861, 869-871, 871-875, 876, 917-927. D.R. Copyright (c) 1962 by Editorial Labor S. A. Reproducción hecha con permiso de los editores.

## B a g o n: NUEVO ORGANO

III. En el hombre, Ciencia y poder coinciden en un mismo punto, porque el desconocimiento de la causa hace imposible la obtención del efecto correspondiente. Pues a la Naturaleza no se la vence si no es obediéndola. Y lo que en el orden teórico se presenta a modo de causa, eso en el orden operativo se constituye en norma de acción.

IV. En lo que a la acción se refiere, el hombre no puede hacer otra cosa que aproximar o separar los cuerpos naturales; lo demás lo realiza la Naturaleza desde dentro.

V. Suelen ponerse en contacto con la Naturaleza (en cuanto a la acción) el Físico, el Matemático, el Médico, el Alquimista y el Mago; pero todos ellos (tal como al presente se encuentran las cosas) con leve esfuerzo, con insignificante resultado.

VI. Sería algo insensato, y en sí mismo contraproducente, pensar que puede ser realizado lo que hasta el momento nunca ha podido hacerse, a menos que se empleen procedimientos no puestos en práctica todavía.

VII. Los productos intelectuales y manuales parecen ser muy numerosos, a juzgar por los libros y oficios. Pero toda esta variedad radica en una extraordinaria sutileza intelectual y en las aplicaciones de un reducido número de hechos que han llamado la atención, y no en la abundancia de Principios.

VIII. Incluso los descubrimientos ya logrados se deben al Azar y a la experiencia vulgar más que a la Ciencia; pues las Ciencias que ahora poseemos no son otra cosa más que ciertas combinaciones de las cosas anteriormente descubiertas; pero no son principios de nuevos descubrimientos, ni diseños para realizar nuevas obras.

IX. La causa y raíz de casi todos los males que afectan a la Ciencia, es una sola, ésta: que mientras admiramos y exaltamos neciamente las facultades de la inteligencia humana, nos olvidamos de buscar sus verdaderos auxiliares.

X. La sutileza de la Naturaleza supera en muchos aspectos la sutileza de los sentidos y del intelecto; hasta el punto de que todas aquellas hermosas meditaciones y especulaciones

humanas, todas las explicaciones teóricas, constituyen un peligro si no estamos prevenidos.

XI. Así como las Ciencias, en la actualidad, son incapaces de determinar el descubrimiento de nuevas obras, de la misma manera la Lógica, tal como se estudia, es incapaz de contribuir al incremento de las Ciencias.

XII. La Lógica, dado el mal uso que de ella se hace, vale más para estabilizar y perpetuar los errores cimentados sobre el terreno de las ideas vulgares que para conducir al descubrimiento de la verdad; de suerte que es más funesta que provechosa.

XIII. El silogismo no se puede aplicar para descubrir los Principios de las Ciencias; en vano se aplica también a las axiomas intermedios, ya que resulta extraordinariamente incapaz de plegarse a la intimidad de la Naturaleza; así es que subyuga el espíritu, pero no las cosas mismas.

XIV. El silogismo consta de proposiciones, las proposiciones de palabras, y las palabras son el signo de los conceptos. Por consiguiente, si los conceptos mismos que constituyen el fundamento de la cuestión son confusos y se han abstraído precipitadamente de las cosas, en tal caso lo que sobre ellas se edifica carece totalmente de solidez. Así, pues, no queda más que una esperanza, y ésta radica en la Intuición verdadera.

XV. No hay validez alguna en las nociones tanto lógicas como físicas. Ni la noción de Substancia, ni la de Cualidad, ni la de Acción, ni la de Pasión, ni tampoco la misma noción de Ser son aceptables; mucho menos lo son aún los conceptos de Grave, Ligero, Denso, Raro, Húmedo, Seco, Generación, Corrupción, Atraer, Repeler, Elemento, Materia, Forma, y otras de esta índole; todos ellos son fantásticos y están mal definidos.

XVI. Los conceptos de las especies últimas, por ejemplo, Hombre, Perro, Paloma, y los de las percepciones inmediatas de los sentidos como Cálido, Frío, Blanco, Negro, no conducen a grandes errores; sin embargo, a causa de la inestabilidad de la Materia y de la movilidad de las cosas, de vez en cuando se confunden; todas las otras nociones de que el hombre, hasta el momento, hace uso son aberraciones y no han sido abstraídas de las cosas por adecuados procedimientos.

XVII. Pero no hay menor capricho y aberración, en la constitución de los Principios que en la abstractiva elaboración de las nociones; esto inclusive vale para los principios que derivan de la inducción vulgar. Sin embargo, es mucho menor en los axiomas y proposiciones de orden inferior elaboradas por el silogismo.

XVIII. Los descubrimientos que hasta ahora se han efectuado en el campo de la Ciencia, son de tal índole que dependen casi enteramente de los conceptos vulgares. Más para penetrar en regiones más profundas y extensas de la Naturaleza, es necesario que tanto los conceptos como los axiomas sean abstraídos de las cosas por un método más firme y seguro y que el trabajo del intelecto sea mejor y más certero.

XIX. Dos son, y no más, los caminos a través de los cuales se puede buscar y encontrar la verdad: el uno, arrancando de la sensación y de las cosas particulares, elevándose inmediatamente a los Axiomas (Principios) más generales, y, luego, partiendo de estos mismos principios y de su incommovible verdad, descubre los Axiomas intermedios; éste es el método que hoy se practica. El otro camino es el que, remontando de la sensación y de las cosas singulares, provoca la aparición de los Axiomas, ascendiendo continua y gradualmente hasta llegar, por fin, a los Principios de máxima generalidad. Este es el verdadero camino; pero no ha sido todavía puesto en práctica.

XX. Por el primer camino, que es el establecido por la Dialéctica, marcha el entendimiento cuando ésta se confía a sus propias fuerzas. Pues la Razón tiene prisa por llegar a los Principios más generales y hacer alto. En seguida desdena la experiencia. Y la Dialéctica, por fin, incrementa todos estos males con la pompa de sus disputas.

XXI. El intelecto abandonado a sus propios recursos, cuando se trata de un carácter austero, constante y reflexivo, y sobre todo si no está dominado por los prejuicios recibidos, tantea alguna vez aquel otro camino, que es el verdadero, pero con escaso provecho. Y es que el entendimiento, al faltarle dirección y apoyo, resulta una cosa sin equilibrio y totalmente inhábil para abrir el secreto de la realidad.

XXII. Tanto un camino como el otro, principian en el terreno de la sensación y de las cosas particulares y acaban en los principios de máxima generalidad. Pero entre el uno y el

otro media un abismo de diferencia. Porque el uno rosa ligeramente y de prisa la experiencia y los hechos concretos; el otro, por el contrario, se detiene y ejercita debida y ordenadamente en ellos. El uno, desde el principio, establece ciertos conceptos generales, abstractos e inútiles; el otro, por el contrario, se eleva gradualmente a aquellos principios que son más familiares a la naturaleza.

XXIII. Existe no pequeña diferencia entre los Idolos de la mente humana y las Ideas del divino entendimiento, es decir, entre ciertos fantasmas vanos y las verdaderas marcas y huellas impresas en las criaturas, tal como en éstas se encuentran,

XXIV. Es imposible que los Principios fundados en meras argumentaciones sirvan para descubrir nada nuevo; porque lo sutil de la Naturaleza sobrepaja con mucho la agudeza de los argumentos. Por el contrario, las leyes extraídas de las cosas particulares con arreglo a método debido, conducen, a su vez, fácilmente al descubrimiento de nuevas realidades concretas. De este modo, conviértese la Ciencia en algo activo y eficaz.

XXV. Los principios que hoy se manejan dimanarán de una experiencia superficial y vulgar y de unos cuantos casos particulares ofrecidos al azar. Están, pues, trazados, poco más o menos, a medida de esa experiencia, y tienen la misma extensión que ella. Y así nada tiene de extraño el hecho de que no pueden conducir a la revelación de nuevos casos particulares. Pero si por casualidad sucede que un hecho anteriormente inadvertido o desconocido presenta una nueva exigencia, entonces se trata de salvar el Principio aduciendo algún frívolo "distingo" en lugar de corregir el error a tenor de la verdad.

XXXVIII. Los Idolos y conceptos falsos que se han apoderado de la inteligencia humana, en la que ya han echado profundas raíces, no sólo bloquean el espíritu de tal modo que el acceso de éste a la verdad resulta muy difícil, sino que además, aun suponiendo que la mente haya conseguido forzar la entrada, reaparecerán aquéllos en el momento de construir las Ciencias, sirviendo de obstáculo; a no ser que los hombres, una vez prevenidos, se defiendan contra ellos todo cuanto sea posible.

XXXIX. Cuatro son las especies de Idolos que bloquean la inteligencia humana. Para entendernos, los he designado con ciertos nombres: los de la primera especie son los Idolos de la Tribu; segunda especie: Idolos de la Caverna; tercera: Idolos

del Foro; cuarta: Idolos del Teatro.

XL. La formación de nociones y principios por medio de la verdadera Inducción, es, sin duda, el remedio adecuado para alejar y destruir los Idolos. Sin embargo, es de gran utilidad explicar en qué consisten los Idolos; pues la teoría acerca de los Idolos guarda con la Interpretación de la Naturaleza la misma relación que la teoría de los Elencos sofísticos con la Dialéctica corriente.

XLI. Los Idolos de la Tribu radican en la índole de propia naturaleza humana, en la misma Tribu o especie humana. Porque se afirma, sin razón, que el sentido humano es la medida de las cosas; muy al contrario: todas las percepciones, tanto de los sentidos como de la inteligencia, guardan más analogía con el hombre que con el Universo. El entendimiento humano es a manera de un espejo que no refleja de igual manera los rayos de las cosas; al cual confunde su propia naturaleza con la de las cosas mismas, y de este modo la tuerce y corrompe.

XLII. Los Idolos de la Caverna son los Idolos propios del hombre considerado como individuo. Porque cada hombre lleva (además de los errores que afectan a la naturaleza humana en general) una caverna o espelunca peculiar que desvía y adultera la luz de la Naturaleza; bien por la índole propia y singular de cada cual, bien por su educación y conversación con los demás, bien por las lecturas de los libros y la autoridad de aquellas personas que cada cual trata y admira, o, en fin, por la diferencia de las impresiones según que tengan lugar en un espíritu preocupado y predispuesto o, por el contrario, en un ánimo sereno y ecuánime. De modo que, manifiestamente, el espíritu humano (tal como se halla constituido en cada uno de los hombres) es una cosa variable, profundamente alterada y, hasta cierto punto, azarosa. Por eso dijo bien Heráclito que los hombres buscan la Ciencia en el mundo pequeño, no en el grande, o universal.

XLIII. Hay también Idolos procedentes, en cierto modo de la reunión y alianza recíproca de los individuos pertenecientes a la especie humana, y a los que llamamos Idolos del Foro porque derivan del comercio y asociación humana. Los hombres en efecto, se asocian por medio del lenguaje, pero las palabras se emplean con el sentido que tienen en boca del vulgo. Por consiguiente, el empleo indebido e inadecuado de las palabras pone de manera extraña dificultades al entendimiento. Ni las definiciones ni las explicaciones con que los hombres doctos acostumbra a protegerse y defenderse en algunos asun-

tos, no pueden, en modo alguno, restituir la cosa a su verdadera situación. Sino que las palabras coaccionan, sin duda, al entendimiento, y todo lo perturban, y arrastran a los hombres a innumerables controversias y comentarios sin sentido.

XLIV. Existen, por fin, Idolos que se han insinuado en el ánimo de los hombres a través de los Dogmas de los sistemas filosóficos, e inclusive de los malos métodos de la demostración; los llamamos Idolos del Teatro; pues cuantas son las Filosofías inventadas y admitidas, tantas son, a nuestro juicio, las fábulas creadas y representadas, las cuales figuran mundos ficticios y teatrales. No hablamos solamente de la Filosofía actual o de las Filosofías y Sectas antiguas, puesto que se pueden imaginar y componer muchas otras por el estilo, y porque las causas de errores totalmente diversos son casi las mismas. Ni tampoco nos referimos sólo a la Filosofía en general, sino también a muchos Principios y Axiomas de las Ciencias, que han recibido vigencia gracias a la tradición, la credulidad y la irreflexión. Empero, con relación a cada una de estas especies de Idolos, hablaremos con más detalle y claridad, a fin de que el entendimiento humano se encuentre prevenido.

El filósofo de temperamento razonador se apodera de varios experimentos vulgares y no bien comprobados ni examinados o pensados con diligencia; todo lo demás lo confía a la meditación y al ejercicio del ingenio.

Hay también otra especie de filósofos que se han versado con diligencia y puntualidad en un reducido número de experimentos, y de ahí han deducido y dado configuración a sus teorías, retorciendo y desfigurando de manera extraña todo lo demás a tenor de esas teorías.

Hay otra tercera clase de filósofos que mezclan la Teología y la tradición apelando a la fe y a la autoridad; entre éstos hay algunos cuya vanidad los ha llevado hasta pedir y pretender la adquisición de la Ciencia por invocación a los Espíritus y a los Genios; y así, la raíz de los errores y de la falsa Filosofía es triple: la Sofística, la Empírica y la Supersticiosa.

XLV. Un ejemplo de la primera especie se manifiesta claramente en Aristóteles. Este corrompió, con su dialéctica, la Filosofía Natural: cuando construyó el Mundo con las Categorías; al asignar al alma humana, que es substancia nobilísima,

una naturaleza expresada por términos de segunda intención, al yugular, por medio de la fría distinción de Acto y Potencia, la cuestión de lo denso y de lo raro, por cuyo influjo adquieren los cuerpos mayores o menores dimensiones; dando a cada cuerpo por un movimiento único y particular y afirmando que si un cuerpo participa de otro movimiento, este movimiento proviene del exterior imponiendo a la naturaleza de las cosas otras innumerables particularidades, a instancias de su propio capricho. Siempre se ha tenido más cuidado en dar cierta apariencia lógica a sus respuestas y en presentar algo de positivo en los términos que en penetrar en la firme verdad de las cosas. Lo cual se pone muy bien de manifiesto comparando la Filosofía de este pensador con otras Filosofías muy celebradas entre los griegos. Sin duda, las Hegemonías de Anaxágoras, los Átomos de Leucipo y Demócrito, el Cielo y la Tierra de Parménides, el Odio y la Amistad de Empédocles, la resolución de los cuerpos en la naturaleza indiferenciada del Fuego, y su vuelta al estado de densidad, de Heráclito, tienen algo de Filosofía Natural y dejan un cierto sabor a naturaleza, experiencia, realidad corporal; mientras que la Física de Aristóteles no contiene, la mayor parte de las veces, otra cosa más que los términos de su dialéctica; física que más tarde retocó bajo el nombre más solemne de Metafísica, como disciplina más Real y no Nominal. A nadie maravilla el hecho de que en sus libros sobre los Animales, en los Problemas, y en otros tratados suyos, se hable a menudo de experiencias. Pues este filósofo, había establecido de antemano sus principios y no había interrogado debidamente a la experiencia para establecer sus resoluciones, sino que, después de haber decidido a su antojo, trató de torcer la experiencia haciéndola esclava de sus opiniones; de manera que por este título merece más reproches que sus modernos secuaces (la clase de los filósofos-escolásticos) que han abandonado totalmente la experiencia.

IXIV. Sin embargo, la casta de los Filósofos Empíricos forja opiniones más deformes y monstruosas que la de los Sofistas o Racionalistas; porque sus teorías no están fundadas a la luz de las nociones vulgares (la cual, aunque ligera y superficial, es, sin embargo, universal en cierta medida y de gran alcance), sino en las angosturas de unos pocos experimentos y en la oscuridad. Y, por consiguiente, semejante filosofía les parece más probable y casi cierta a aquellos que se han ejercitado diariamente en estos experimentos y con ellos han conta-

minado su imaginación; a los demás, les parece increíble y vacua. Hay en Química, y en las explicaciones que ésta da un notable ejemplo de lo que se acaba de decir; por lo demás, apenas si se encuentran otros casos en nuestro tiempo de no ser en la Filosofía de Gilberto. Sin embargo, con respecto a tales sistemas filosóficos, no puede, en modo alguno, renunciarse a la cautela; pues desde ahora prevenimos y auguramos que cuando los hombres conducidos por nuestros consejos se vuelvan de veras a la experiencia, despidiéndose de las doctrinas sofisticas, podría suceder que a causa de una prematura y apresurada precipitación intelectual, saltando, volando a las leyes generales y a los principios de las cosas, les asalte un gran peligro por parte de estas Filosofías; contra este peligro debemos salir desde ahora.

IXV. Pero la Corrupción que ha invadido a la Filosofía, por culpa de la Superstición y de la Teología, es un mal mucho mayor y perjudica enormemente a la Filosofía tanto considerada en conjunto como en sus partes. Porque el entendimiento humano, no está menos expuesto a las impresiones de la imaginación que a las de las nociones vulgares. La Filosofía Sofística es batalladora y hace esclavo al entendimiento. Pero aque-lla otra filosofía henchida de imaginaciones y casi poética, engaña mucho más al entendimiento. Hay en el hombre, sin duda, cierta ambición intelectual no menor que la ambición de la misma Voluntad. Esto sucede, sobre todo, en los espíritus amplios y elevados.

En Grecia se encuentran ejemplos manifiestos de esto, sobre todo en Pitágoras, pero mezclado con una superstición tosca y grosera; sin embargo, es más peligrosa y sutil la que se encuentra en Platón y su Escuela. Encuéntrase también este mal en partes de las restantes Filosofías, donde se introducen las formas abstractas, las causas finales y las causas primeras, omitiendo casi siempre las causas intermedias, y así sucesivamente. Ante esto hay que tomar la mayor precaución. Pues el peor de todos los males es la Apoteosis de los errores, y se debe considerar como una peste para la inteligencia la autoridad concedida a vanas doctrinas. Algunos modernos han incurrido en esta vaciedad con tal ligereza que han intentado construir la Filosofía Natural sobre el primer capítulo del Génesis, y en el libro de Job, y en otros libros de la Sagrada Escritura, buscando así la vida entre la muerte. Es tanto más importante cohibir y frenar esta vaciedad cuanto que de la mezcla dañosa de las cosas divinas y humanas no sólo surge una Filosofía absurda, sino también una Religión herética. Así, pues, es ex-

traordinariamente saludable el otorgar a la fe, con sobrio espíritu, tan sólo aquello que a la fe pertenece.

LXVI. Ya hemos hablado de la mala autoridad de las Filosofías que están fundadas ya en vulgares nociones, ya en experiencias escasas, ya, por fin, en la superstición. Hay que hablar también de la falsa dirección que toma la contemplación del espíritu, particularmente dentro de la Filosofía Natural. El entendimiento humano se deja contagiar por la visión de los fenómenos que acontecen en las Artes Mecánicas, en donde los cuerpos sufren ordinariamente alteraciones por un proceso de composición y separación: de donde viene a pensar que algo semejante sucede también en la naturaleza universal de las cosas. Aquí tiene su origen aquella ficción de los Elementos, y de su concurso para constituir los cuerpos naturales. Por otra parte, cuando el hombre contempla el libre juego de la Naturaleza, pronto viene a dar en el descubrimiento de las especies de las cosas, de los animales, de las plantas, de los minerales; y por aquí se le ocurre pensar que también en la Naturaleza existen ciertas formas primarias de las cosas que la misma Naturaleza trata de producir; y que la variedad de los individuos tiene su origen en los obstáculos y en los extravíos que la Naturaleza sufre en su trabajo o en el conflicto de diversas especies o en una especie de trasplante de una en otra. La primera reflexión nos trae las cualidades elementales primarias, la segunda, las propiedades ocultas y las virtudes específicas; ambas constituyen un resumen de explicaciones sin sentido, en las cuales se recrea el ánimo alejándose de cosas más importantes.

LXVIII. Ya hemos hablado de todas las especies de Idolos y de sus pompas. Todos ellos deben ser abandonados y proscritos por decisión solemne e inquebrantable; hay que liberar y limpiar de los mismos al entendimiento; de tal modo que en cierto sentido no haya al Reino del Hombre, que descansa sobre las Ciencias, otro acceso posible que el que hay para entrar en el Reino de los Cielos, en el cual no entra sino el que se presenta en figura de niño.

LXXIII. De todos los Signos, el más seguro y más noble es el que se deduce de los resultados. Estos, en efecto, y las invenciones útiles son como garantías y fiadores de la verdad de las Filosofías. Pues bien, todas estas Filosofías de los Griegos y todas las Ciencias particulares que de ellas han derivado, apenas han podido dar, durante el espacio de tantos

años una sola experiencia que haya servido para mejorar y aliviar la condición humana y que pueda atribuirse con certidumbre a las especulaciones y sistemas de la Filosofía. Esto lo reconoció Celso con sinceridad y prudencia; es decir, al principio se hicieron experimentos en medicina, y más tarde los hombres idearon teorías buscando y estableciendo las causas de los resultados, y no sucedieron las cosas en sentido inverso, descubriendo y deduciendo los experimentos de la teoría y conocimiento de las causas. No es extraño que entre los Egipcios (los cuales otorgaron carácter divino a los inventores de las artes) hubiera un número mucho mayor de imágenes de animales que de hombres, porque los animales, en virtud de su natural instinto, han hecho más descubrimientos que los hombres; en cambio, los hombres poco o nada han hecho con sus discursos y teóricos razonamientos.

El ingenio de los Químicos ha obtenido algunos resultados; pero esto no en función de un arte o teoría regularmente establecida, sino como por casualidad, en virtud de felices circunstancias o por cierto cambio efectuado en la experimentación, como suele hacerse en Mecánica; pues las teorías por ellos imaginadas más perturban la experimentación que la favorecen. Pocas cosas han sido descubiertas por aquellos que se dedican a la Magia natural, según se la llama; y cuando lo han sido se parecen más bien a imposturas. Por lo cual el precepto religioso de demostrar la Fe por las Obras se puede aplicar muy bien a la Filosofía, de forma que sea juzgada por sus frutos y considerada como inválida la que adolezca de estéril. Y esto tanto más cuanto que, si en lugar de producir frutos de uva y oliva engendra cardos y espinas de disputas y rivalidades.

LXXIV. Conviene también entender cuáles son los signos que revelan incremento y progreso tanto de la Filosofía como de las Ciencias. Porque todo cuanto tiene su raíz en la Naturaleza, crece y se desarrolla; lo que, por el contrario, descansa en el campo de la opinión fluctúa y no progresa. Por esto, si esas Doctrinas no fuesen como unas plantas arrancadas de cuajo, antes por el contrario, estuviesen bien hincadas en el suelo de la Naturaleza y por ella fueran alimentadas, de ninguna manera habría sucedido lo que estamos viendo acontecer por espacio de dos mil años; que las Ciencias se hallan aún en sus primeros pasos permaneciendo casi en el mismo punto de partida sin que hayan recibido progreso alguno digno de recordarse; mas aún: llegaron a un estado máximo de florecimiento con su primer cultivador, pero en seguida declinaron. Sin embargo, vemos que ha

sucedido lo contrario en las Artes Mecánicas, que han recibido por fundamento la Naturaleza y la luz de la Experiencia; estas artes desde el momento en que satisfacen la inclinación humana, entran en crecimiento y desarrollo continuo, cual animadas de un secreto espíritu; toscas al principio, moderadas después, más tarde exultantes, y siempre en perpetuo progreso.

XCII. Pero lo que ha puesto mayores obstáculos al progreso de la Ciencia y a los trabajos necesarios para conquistar nuevas provincias de la misma, ha sido la desesperación humana y la creencia de que era imposible. Los hombres prudentes y serenos en esta clase de estudios adoptan una actitud de desconfianza ante la oscuridad de la Naturaleza, la brevedad de la Vida, los engaños de los Sentidos, la fragilidad de Juicio, las dificultades de los Experimentos, y así sucesivamente. Creen que a lo largo de las revoluciones de las épocas y siglos, la Ciencia está sujeta a un movimiento de flujo y reflujo, porque en unas épocas se desarrolla y florece y en otras languidece y declina, de tal manera que cuando han llegado a un determinado límite y altura no pueden dar un paso más allá. Si alguien se atreve a esperar y prometer algo más importante juzgango que se trata de un espíritu irreflexivo e inmaturo y que estos proyectos tienen un comenzar lisonjero más tarde se hacen espinosos, y al fin todo es confusión. Y siendo así que estas reflexiones nacen fácilmente en los hombres graves y de juicio elevado, hay que estar prevenidos a fin de no relajar ni disminuir la seriedad de nuestros juicios arrastrados por la pasión de realizar una empresa noble y hermosa; meditemos cuidadosamente qué esperanza puede haber, y de dónde viene, y rechazando los impulsos de una esperanza infundada, examinemos, sospesándolos, aquellos que parezcan tener una base más firme. Más aún: invoquemos y apliquemos a nuestras resoluciones el espíritu de la Prudencia política, que desconfía por principio y tiende a juzgar acerca de los asuntos humanos peor de lo que en realidad se hallan. Llega, pues, el momento de exponer nuestras esperanzas. No nos dedicamos a hacer promesas ni tratamos de coaccionar el juicio humano ni de sorprenderle con falacias, sino de guiarle de la mano y conducirle espontáneamente. Y aunque la razón, para hacer concebir esperanzas, ha de presentarse con gran fuerza cuando llevemos a la Humanidad ante los hechos, sobre todo tal como están dispuestos y ordenados en nuestras Tablas de Descubrimientos (que pertenecen en parte a la Segunda, pero principalmente a la Cuarta parte de nuestra Instauración), ya que esto mismo no es una nueva esperanza, sino, incluso, la misma realidad, sin embargo, con objeto de hacerlo. Todo con más calma, continuaremos con la empresa ya iniciada de preparar

las inteligencias, sirviendo no poco para este fin la exposición de las esperanzas que hay. De no hacerlo así, todo contribuiría más bien a entristecer al hombre, haciéndole concebir una idea más pobre aún de la que tiene sobre las Ciencias, tal como se halla en su estado actual, que a infundirle ánimos y excitar en los deseos de hacer experiencias. Por consiguiente, hay que proponer y explicar nuestras Conjeturas que prestan probabilidad a nuestras esperanzas. De manera parecida procedió Colón cuando expuso las razones que mantenían su confianza de poder encontrar nuevas Tierras y Continentes que hasta entonces permanecían desconocidas. Tales razones fueron al principio rechazadas, pero más tarde resultaron confirmadas por la experiencia y fueron la causa y principio de las más grandes empresas.

XCIII. El primer fundamento de nuestras esperanzas parte del mismo Dios. Efectivamente: lo que vamos a emprender es debido a la gran bondad infinita que procede manifiestamente de Dios que es el Autor del Bien y Padre de la Luz. Ahora bien, en la esfera del acontecer divino, lo que ha comenzado una vez, llega necesariamente al término señalado. Y lo que del orden espiritual se dice: El Reino de Dios llega sin que se le vea, eso mismo suele acontecer en todas las grandes obras de la Providencia divina; todo se realiza plácidamente, sin ruido ni estrépito, y la obra está acabada antes de que los hombres piensen que se puede producir o vean que se está produciendo. No hay que olvidar la Profecía de Daniel acerca de los últimos tiempos del Mundo: Muchos pasarán, y la Ciencia se multiplicará. Significa, evidentemente, que entra en los Destinos, esto es, en el plan de la Providencia, que el progreso de las Ciencias se verificará cuando la Tierra haya sido recorrida por entero; esto, después de navegaciones viánlargas, ya parece completamente realizado o a punto de serlo.

XCIV. Viene a continuación la razón más poderosa de todas para dar fundamento a nuestra esperanza; es la que se deduce de los errores del tiempo pretérito y de los métodos hasta hoy tanteados. Excelente es aquella crítica que acerca de la mala administración del Estado formuló un ingenio con estas palabras: Lo que ha sido causa de grandes males en el pasado eso mismo debe parecernos principio de prosperidad para el futuro. Pues si vosotros hubiéseis cumplido perfectamente cuando dice relación con vuestro deber y, a pesar de todo, no se hallaron en mejor situación vuestros asuntos, no quedaría siquiera esperanza alguna de que podrían llegar a mejor estado. Pero como las malas circunstancias en que se hallan no dependen de la misma

... fuerza de las cosas, sino de vuestros propios errores, es de esperar que, una vez suprimidos o corregidos éstos, pueda producirse un cambio grande de la situación en sentido más favorable. De igual manera si los hombres a través de tan largos espacios de tiempo, hubieran seguido el verdadero método en la investigación y cultura de las Ciencias, y, a pesar de esto, no hubiera sido posible conseguir algún adelanto, la opinión de que aún es posible el progreso científico sería, sin duda, atrevida y temeraria. Pero si es que el camino emprendido, no es el verdadero y, por consiguiente, todos los esfuerzos humanos se han gastado en tareas que nada importaban, deducen que la dificultad no radica en la naturaleza misma de unas cosas que se hallan fuera de nuestros alcances, sino en el entendimiento humano, en el uso y aplicación que de él se hace, todo lo cual admite remedio y mejoría. Por esto sería lo más conveniente poner a la vista esos mismos errores, pues cuantas han sido las causas de errores en el pasado, tantos serán los fundamentos de esperanza para el futuro. Aunque en lo dicho hasta ahora ya se ha hallado algo acerca de ellos, con todo, nos parece conveniente exponerlos ahora brevemente en términos claros y sencillos...

XCVI. No hay una Filosofía Natural pura. La que existe está infectada y corrompida: en la Escuela de Aristóteles por la Lógica; en la de Platón, por la Teología natural, y en la segunda Escuela de Platón, Proclo y otros, por la Matemática, que debe perfeccionar la Filosofía Natural, pero no engendrarla o producirla. Pues bien, de la Filosofía Natural pura y sin mezcla debe esperarse algo mucho mejor.

XCVII. Todavía no se ha conocido un hombre dotado de tanto rigor y firmeza intelectual que haya decidido y se haya impuesto a sí mismo la tarea de deshacerse de las Teorías y Nociones generales y aplicar íntegramente un Entendimiento raso y justo a los hechos particulares. Porque nuestra humana Razón, en su estado actual es un farrago y montón de ideas, unas procedentes de la excesiva credulidad, otras del azar y también de las nociones pueriles que desde un principio hemos recibido.

Buenos resultados se deben esperar del que en la edad madura, con el uso de todos sus sentidos y la mente purificada, se entrega de nuevo a la experiencia y al estudio de los hechos. Haciéndolo así, nos prometemos la suerte de Alejandro Magno; y que nadie nos acuse de vanidad antes de oír

nos hasta fin, que tiene por objeto desterrar toda vanidad.

Refiriéndose a Alejandro y a sus hazañas, Esquines habló de esta manera: No vivimos nosotros, sin duda, una vida mortal, pero hemos nacido para que la posteridad cuente y pregone maravillas de nosotros; como si hubiese tenido por milagro las hazañas de Alejandro.

Siglos más tarde Tito Livio vió y comprendió esto con mayor claridad y dijo de Alejandro algo parecido a esto: No es más que un hombre que se ha atrevido a despreciar falsas consideraciones. En los siglos futuros, según creo, se habrá de hacer con respecto a nosotros un juicio parecido: que no hemos hecho nada extraordinario, sino que tan sólo hemos reducido a sus justos límites lo que se tenía por excesivamente grande. Mientras tanto, como ya hemos dicho, no hay que esperar nada si no es en la regeneración de las Ciencias, haciendo que éstas amanquen de la Experiencia, siguiendo un orden fijo y se construyan de nuevo; lo cual, según creo, nadie ha afirmado que se haya hecho o pensado siquiera.

XCVIII. Los fundamentos suministrados por la Experiencia (de la que no se puede prescindir) han sido nulos o de escasísimo valor. Todavía no se ha buscado ni acumulado el material y cantidad de hechos en número, clase y firmeza necesarios y suficientes para informar al entendimiento. Antes bien, los doctos, negligentes y fáciles, prestaron acogida para establecer o confirmar su Filosofía a ciertos rumores, resonancias o susurros de experiencia, y le dieron, a pesar de todo, fuerza de legítimo testimonio. De esta suerte se ha impuesto a la Filosofía una organización en lo que a la Experiencia respecta, semejante a la de un Reino o Estado que tomara sus resoluciones y resolviera sus asuntos no en función de los mensajes o informes transmitidos por sus legados y embajadores dignos de crédito, sino atendiendo a los rumores de sus ciudadanos y a los cuentos de calle. Nada se encuentra en la Historia Natural que esté debidamente determinado, contrastado, contado, pesado, medido. Y lo que en el terreno de la mera observación resulta vago e indeterminado, eso mismo, en el terreno de la Ciencia, resulta sospechoso y falaz. Si alguno se admira de que esto se diga y le parece que nuestras quejas no son justas al recordar que Aristóteles, hombre tan eminente, apoyado en los recursos que le facilitó un Rey tan grande, escribió una Historia de los Animales con tanto esmero; que algunos otros la enriquecieron con gran diligencia, pero con menos estrépito; que, finalmente, se han escrito historias y exposiciones nutridas acerca de

las plantas, los metales y los fósiles, ese tal no se ha dado cuenta ni comprendido lo bastante el asunto de que tratamos. Porque una cosa es la Historia Natural en sí y para sí, y otra cosa, muy distinta, es la Historia Natural destinada a informar el entendimiento en orden a la constitución de la Filosofía. Estas dos Historias se diferencian, entre otras cosas, principalmente por esto: la primera comprende la variedad de especies naturales y no los experimentos de las artes mecánicas. A la manera que en un Estado el carácter de cada ciudadano y la secreta tendencia de su ánimo y de sus sentimientos se ponen más claramente de manifiesto en una época de turbación que en otras circunstancias, parejamente, los misterios de la Naturaleza patentizanse mejor sometiéndola a las duras pruebas de las artes que dejándola seguir su tranquilo curso. En consecuencia, tan sólo podrá esperarse algo bueno de la Filosofía Natural cuando la Historia Natural (que es base y fundamento de aquélla esté mejor constituida. Hasta entonces no puede esperarse nada en absoluto.

XCIX. Incluso en medio de la general abundancia de experimentos mecánicos, se descubre la extraordinaria escasez de los que mayor importancia tienen para la información del entendimiento. El mecánico, sin duda, que no se preocupa en absoluto por la indagación de la verdad, trabaja y atiende tan sólo en aquellas cosas que interesan a su obra particular. La esperanza de un ulterior progreso de las Ciencias estará deliberadamente fundamentado cuando se recojan y acumulen en el campo de la Historia Natural muchos experimentos que en sí no tienen utilidad alguna práctica. A estos experimentos los llamo luciferos (alumbradores) para diferenciarlos de otros que acostumbro a designar con el nombre de fructíferos. Aquéllos tienen la maravillosa virtud de no engañar ni desorientar, pues como no se aplican a la ejecución de una cosa y si tan sólo al descubrimiento de las cosas naturales dondequiera que se presente el caso, satisface perfectamente este propósito al dar solución al problema de que se trata.

C. Hay que buscar y recoger no sólo un mayor caudal de experimentos, sino también de otra especie, diferentes de los que hasta hoy hemos tenido. Y hay que introducir también un método completamente distinto, otro orden y otro procedimiento para continuar y llevar adelante la experiencia. Pues, como ya se ha dicho, una experiencia vaga, aislada, es como un mero palpar, más a propósito para desorientar al hombre que para proporcionarle información. Por eso, cuando la experiencia proceda con arreglo a leyes fijas, de modo gradual y constante, se podrá esperar mayor resultado de...

las Ciencias.

CI. Con todo, aun cuando se hallaron ya listos y preparados los materiales de Historia Natural y de experiencias en la cantidad necesaria para erigir la Obra del Entendimiento, es decir, la Filosofía, no bastaría, sin embargo, con que el entendimiento se pusiera a operar sobre dicho material espontáneamente y con la ayuda de la memoria sola, no más que si se tratara de mantener y dominar con la memoria la serie entera de una efeméride. Hasta el momento se ha meditado más que escrito para hacer descubrimientos. No se han hecho aun experiencias por escrito. Y, sin embargo, no debe intentarse hacer un descubrimiento, si no es tratado previamente el asunto por escrito. Cuando esto se haga corriente, es decir, cuando las experiencias se hagan antes por escrito, se obtendrán resultados mejores.

CII. Además, siendo tan numeroso el ejército de los hechos, y hallándose de tal modo extendido y disperso, que llega a disgregar y confundir la inteligencia, no hay que esperar gran cosa de las escaramuzas, movimientos ligeros y reconocimientos que practique la razón, a no ser que forme un cuadro en coordinación de todos los hechos referentes al objeto que se estudia, dispuesto por tablas de invención adecuadas y, por decirlo así, vivas, de las cuales se sirva la mente como de auxiliares preparados de antemano y a punto.

CIII. Ahora bien, aun cuando se tenga ya acumulado el material de los hechos y puesto en orden debido al alcance de la mirada, no se puede proceder todavía a la búsqueda y descubrimiento de nuevos hechos u operaciones. Por lo menos si esto se hiciera, no habrá de hacerse alto en ello. Pues no negamos que, cuando los experimentos de todas las artes estén reunidos y ordenados, y lleguen a conocimiento y juicio de un solo hombre, al aplicar los experimentos de un arte a otro se pueden descubrir muchas cosas nuevas útiles a la vida y condición humana, gracias a esa Experiencia que hemos llamado Escrita. Sin embargo, no hay que esperar de ésta descubrimientos tan importantes como de la nueva luz proporcionada por los principios, deducidos conforme a método y regla fija de aquellos hechos particulares; principios que a su vez denuncian y apuntan a una nueva serie de hechos. Porque el camino no es llano, si no ascendente y descendente. Ascendente, primero, en dirección a los Principios; descendente después, camino de la práctica.

CIV. No debe consentirse, sin embargo, que el entendimiento salte o vuele desde el terreno de los hechos particulares

a los Principios últimos y, hasta cierto punto universales—cuales son los Principios que llaman de las Artes y de las cosas—y después, partiendo de la supuesta verdad incommovible de éstos, trate de establecer y demostrar los Principios intermedios; lo cual se ha hecho hasta ahora por una inclinación natural del Entendimiento, educado y acostumbrado desde largo tiempo en ese mismo sentido, a causa del empleo de las demostraciones silogísticas. Se pueden concebir esperanzas respecto de las Ciencias cuando se ascienda por la verdadera escala en grados continuos, no interrumpidos, sin fallas, desde los hechos particulares a los Principios menos generales, después a los Principios intermedios, y, finalmente, a los más generales. Los Principios menos generales no se diferencian mucho de la simple Experiencia. Ahora bien, aquellos que se consideran como los más generales son de orden puramente conceptual, abstracto, y no tienen solidez alguna. Los Principios intermedios son los verdaderos, los sólidos y vivos, en los cuales descansan los negocios y la fortuna humana, e incluso los mismos Principios universales, en tanto que no sean abstractos, sino que estén limitados por los Principios intermedios.

Así, pues, no hay que poner alas al Entendimiento humano, sino más bien plomo y contrapeso para impedir todo salto o vuelo. Esto no se ha hecho hasta ahora. Cuando se haya llevado a la práctica, será justo esperar algo mejor de las Ciencias.

CV. Para el descubrimiento de los Principios hay que buscar una forma de Inducción diferente de la que hoy se aplica; pero ha de servir no solamente para descubrir y probar los Principios más generales, sino también los menores e intermedios; todos, en fin. La Inducción que procede por una simple enumeración es algo pueril, conduce a una conclusión precaria, se halla expuesta al peligro de una experiencia en contra, y casi siempre falla a tenor de un número de cosas excesivamente reducido que, además, se ofrecen sin trabajo alguno. Pero la Inducción, que es útil para descubrir y probar los Principios de las Ciencias y Artes, debe aislar la naturaleza rechazando y excluyendo los casos debidos, y después de haber hecho las negativas necesarias, establecer la conclusión sobre las cosas positivas. Todavía no se ha practicado esto, ni intentado siquiera, exceptuando a Platón, que utilizó algún tanto esta forma de inducción para elaborar sus definiciones e ideas. Mas para la constitución verdadera y legítima de esta inducción o Demostración, hay que recoger y aplicar muchos detalles que a nadie se le han ocurrido, hasta el punto de que en esa tarea hay que

trabajar aún más de lo que se ha trabajado en el Silogismo. Porque se debe emplear ese recurso no sólo para descubrir los Principios, sino, además, para delimitar los conceptos. Es en esta inducción donde hay grandes esperanzas.

CVI. Al constituir los Principios por medio de esta inducción, hay que examinar y tantee si el principio establecido está ajustado y elaborado a la medida de los hechos de los cuales se extrae; o si, por el contrario, es más amplio y general. En el caso de que sea más general y amplio, debe examinarse si esa mayor amplitud y generalidad queda confirmada por la indicación de nuevos hechos que sirvan, por decirlo así, de garantía; así se evitará, por un lado, que el entendimiento se estanque en los conocimientos ya adquiridos; y por otro, que se abrace a sombras y formas abstractas en vez de cosas sólidas, de contorno material. Cuando esto se haga, habrá firmes esperanzas.

CVII. Se necesita recordar aquí lo anteriormente dicho acerca de la importancia de la Filosofía Natural y la reducción a ella de las ciencias particulares para evitar una escisión y mutilación de las mismas, pues sin esto no hay esperanzas de progreso.

CVIII. Ya se ha hablado sobre la manera de ahogar la desesperación y hacer que renazca la esperanza: eliminando los errores del pasado, rectificándolos. Veamos ahora si existe algún otro motivo para aumentar las esperanzas. Se nos ocurre esta idea: si el hombre ha podido descubrir muchas cosas útiles, al azar, por tropiezo, cuando se trataba de encontrarlas, incluso tratando de hallar otras muy distintas, a nadie le puede caber duda que cuando la busque y esté a ello dedicado, con orden y método, evitando toda precipitación e inconstancia, habrá de encontrar necesariamente muchas más. Pues aunque puede darse alguna vez el caso de que uno llegue a dar por mera casualidad con lo que se le escapa a otro que lo busca intencionadamente, y con gran esfuerzo, sin embargo, ocurre generalmente lo inverso. En consecuencia, se puede esperar mucho más, mejor y más a menudo de la razón sometida a método, dirección y esfuerzo que de la casualidad o del instinto animal, etc., principio hasta hoy de toda invención.

CIX. Puede aducirse también como principio de esperanza el hecho de que muchos de los descubrimientos ya logrados son de tal índole que a nadie se le ha ocurrido siquiera sospechar de su posibilidad; antes al contrario, habrían sido desdeñados como absolutamente imposibles. Los hombres de hoy, a

semejanza de los antiguos, suelen echarse a adivinar respecto de las cosas nuevas según las reglas de una fantasía contaminada. Procedimiento absolutamente erróneo, pues mucho de lo que se trata de sacar de las fuentes de las cosas discurre por cauces imprevistos.

Si alguno, antes de conocerse, los hubiese descrito por sus efectos expresándose de esta manera: he hecho un descubrimiento gracias al que los muros y las más poderosas fortificaciones pueden ser batidos y destruidos a gran distancia; en este caso los hombres se habrían puesto a pensar, tratándose de formarse idea de la potencia de estos cañones, multiplicando y combinando de mil maneras pesos, ruedas, impulsos y choques de las máquinas conocidas. En cambio, apenas se le habría ocurrido jamás a imaginación o fantasía alguna pensar en esa corriente de fuego tan abrasador y que se extiende con tal rapidez y violencia, puesto que no habría podido encontrar un ejemplo parecido en su contorno, a no ser el terremoto o el rayo, pero que por ser estos fenómenos extraordinariamente grandes de la Naturaleza y no imitables por el hombre habría dejado de pensar al punto en ellos.

De igual manera si antes del descubrimiento de la seda alguien hubiese dicho: hay una especie de hilo para la fabricación de vestidos y utensilios que supera con mucho por su delgadez, resistencia, brillo y suavidad al lino y a la lana, cualquiera se habría puesto a pensar al punto en alguna planta oriental, o en el pelo muy delicado de algún animal, o en las plumas de las aves, o en el plumón, pero nadie se habría imaginado que se trataba de la obra de un gusanillo, tan abundante que se renueva y reproduce anualmente. Si alguno hubiera hecho mención del gusano, habría sido, sin duda, objeto de risa, como los que sueñan en una nueva especie de telas de araña.

Si antes de descubrirse la brújula hubiese afirmado alguno que se había descubierto un instrumento en virtud del cual se pueden determinar y reconocer con exactitud los polos y puntos del Cielo, los hombres se habrían echado a discurrir, poniendo a contribución su fantasía, una más perfecta construcción de los instrumentos astronómicos; pero a nadie le hubiera parecido creíble que se podría encontrar un objeto cuyos movimientos coincidieran también con los del Cielo sin ser una substancia celeste, sino de piedra o de metal. A pesar de todas estas y otras cosas semejantes, han permanecido ocultas a los hombres a través de tan largos siglos, y no fueron descubiertas por me-

dio de la Filosofía ni las Artes racionales, sino por causalidad y ocasionalmente; y son de tal índole que no tienen similitud ni parentesco con lo que anteriormente era conocido hasta el punto de que ninguna idea hubiera podido conducir a su descubrimiento.

Así, pues, existen esperanzas bien firmes de que hay todavía, escondidas en el seno de la Naturaleza, muchas cosas de gran utilidad que no tienen con las conocidas relación o paralelismo alguno, y que están más allá de los senderos de la fantasía; hasta ahora no han podido ser descubiertas, pero no cabe duda que con el giro y curso del tiempo saldrán a la luz, como ha sucedido con las anteriormente referidas; y por el mejor todo que ahora proponemos pueden ser descubiertas antes y mejor, se pueden representar y pronosticar.....

CXIV. Finalmente, aunque no soplara más que una débil y apagada ráfaga de esperanza procedente de este nuevo mundo, afirmamos, que, sin embargo, se debe hacer la prueba, si no queremos alojar un espíritu abyecto. Pues no hay paridad entre el riesgo que se corre al no intentar la prueba y el que sigue a la empresa fracasada. En el primer caso nos exponemos a la pérdida de un inmenso bien; en el segundo hay una pequeña pérdida. Pero tanto de lo que se ha dicho como de lo que no se ha dicho nos parece deducirse que subsisten grandes motivos para que el hombre valiente se decida a realizar y el prudente y comedido conciba esperanzas..

## Tema B: El método matemático-experimental

## Galileo Galilei (1564-1642)\*

Galileo nació en Pisa en 1564, y en su juventud emprendió el estudio de la medicina. En 1581 observó el movimiento acompasado de una lámpara que se balanceaba en la catedral, y después de comprobar su observación del ritmo, vino a formular el principio del isocronismo del péndulo. Este fue su primer descubrimiento de física. Hasta entonces, sin embargo, no había estudiado matemáticas; pero una conferencia que oyó casualmente lo impulsó por ese camino, y en 1588 él mismo llegó a ser profesor de matemáticas en Pisa. Fue durante su profesorado allí (1588-91) cuando realizó su labor fundamental en dinámica, y desde la torre inclinada refutó prácticamente el principio de que la velocidad de los objetos que caen es proporcional a su peso. En 1592 lo nombraron profesor de matemáticas en Padua, donde permaneció hasta que, en 1610, fue llamado a Florencia. En 1616 la Iglesia lo obligó a prometer que no iba a "sostener, enseñar ni defender" las doctrinas heréticas de la teoría copernicana. Por lo tanto, cuando publicó, dieciséis años más tarde, su Diálogo sobre los dos grandes sistemas del mundo, la Inquisición lo citó a Roma por haber quebrantado su promesa anterior; y en 1633 se le obligó a retractarse públicamente de su doctrina. Durante el resto de su vida (hasta 1642) habitó con varios amigos eclesiásticos en retiro forzado. No obstante, siguió trabajando, hasta quedar ciego, en 1637; en 1636 había escrito sus Diálogos relativos a dos nuevas ciencias (Leiden, 1638).

## Galileo: DIALOGOS RELATIVOS A DOS NUEVAS CIENCIAS

a) Tercera jornada. Cambio de posición (De motu locali).

\* La presente introducción se ha tomado de: T.V. Smith, Margorie Grene, De Descartes A Kant, traducida por Santiago Ferrer, Argentina: Ediciones Peuser, 1951, Pp. Galileo 29-34 Newton 313-314, 316-318 Copyright (c) 1951, by Ediciones Peuser. Reproducción hecha con permiso de los editores.

MI propósito es establecer una ciencia muy nueva que trata de un tema muy antiguo. Quizá no haya en la naturaleza nada más viejo que el movimiento, respecto al cual los libros que han escrito los filósofos no son pocos ni breves; sin embargo, he descubierto por experimento algunas propiedades del mismo que son dignas de saberse y que hasta ahora no fueron observadas o demostradas. Se han hecho algunas observaciones superficiales, como por ejemplo la de que el movimiento libre (naturalem motum) de un cuerpo pesado que cae se acelera continuamente; pero no se ha enunciado aún en qué grado exacto se produce esta aceleración. Pues, que yo sepa, nadie ha señalado todavía que las distancias recorridas en intervalos iguales por un cuerpo que cae desde una posición de reposo, están unas con respecto a otras en la misma proporción que los números impares, empezando por la unidad.

Se ha observado que los objetos lanzados y los proyectiles describen una línea curva de cierta especie; pero nadie ha señalado el hecho de que esta línea es una parábola. Sin embargo, yo he conseguido probar este y otros hechos, no escasos ni menos dignos de saberse; y, lo que considero más importante, con eso se me ha abierto el camino para esta vasta y excelentísima ciencia, de la que esta obra no es más que el principio, el camino y medio por el cual otros ingenios más agudos que el mío explorarán sus remotos rincones.

Esta discusión se divide en tres partes; la primera se refiere al movimiento que es regular o uniforme; la segunda al movimiento como lo encontramos acelerado en la naturaleza; la tercera a los llamados movimientos violentos y a los proyectiles.

b) Movimiento naturalmente acelerado.

Las propiedades correspondientes al movimiento uniforme han sido tratadas en la sección precedente; pero falta considerar el movimiento acelerado.

Y ante todo parece deseable descubrir y explicar la definición mejor adaptada a los fenómenos naturales. Pues cualquiera puede inventar un tipo arbitrario de movimientos naturales y discutir sus propiedades; así, por ejemplo, algunos han imaginado líneas helicoidales y conoidales, tales como serían trazadas por ciertos movimientos que no se encuentran en la naturaleza, y han tenido el mérito de establecer las propiedades

que poseen estas curvas en virtud de su definición; pero hemos decidido considerar los fenómenos de cuerpos que caen con una aceleración tal como se produce realmente en la naturaleza, y hacer que esta definición del movimiento acelerado exponga los rasgos esenciales de los movimientos acelerados observados. Y esto, por fin, después de esfuerzos repetidos, es lo que hemos conseguido hacer. En tal creencia nos confirma sobre todo la consideración de que se ve que los resultados experimentales concuerdan y corresponden exactamente con esas propiedades que hemos demostrado unas tras otras. Finalmente, en la investigación del movimiento naturalmente acelerado hemos sido llevados como de la mano, al seguir el hábito y costumbre de la propia naturaleza en todos sus otros procedimientos varios, a emplear los medios más comunes, sencillos y fáciles.

Pues no creo que nadie pretenda que el nadar o el volar pueda hacerse de manera más simple y fácil que como lo hacen instintivamente los peces y pájaros.

Por consiguiente, cuando observo que una piedra inicialmente en reposo cae desde una posición elevada y adquiere de continuo nuevos aumentos de velocidad, ¿por qué no he de creer que tales aumentos se producen de un modo extremadamente sencillo y casi evidente a quienquiera? Si ahora examinamos cuidadosamente la cuestión, no hallaremos adición o aumento más simple que el que se repite siempre del mismo modo. Esto lo entendemos fácilmente cuando consideramos la íntima relación entre el tiempo y el movimiento; pues así como la uniformidad de movimiento se define por tiempos iguales y se concibe a través de espacios iguales, también podemos concebir que a través de intervalos iguales se producen adiciones de velocidad sin complicación; así podemos representarnos en la mente un movimiento como acelerado uniforme y continuamente cuando, durante cualesquiera intervalos iguales, se le dan iguales incrementos de velocidad. Así, si han transcurrido cualesquiera intervalos iguales contando desde el momento en que el cuerpo dejó su posición de reposo y empezó a descender, la magnitud de velocidad adquirida durante los dos primeros intervalos será el duplo de la adquirida durante el primer intervalo solo; así la magnitud añadida durante tres de esos intervalos será el triplo; y en cuatro, el cuádruplo de la del primer intervalo. Para expresarlo con más claridad: si un cuerpo hubiera de continuar su movimiento con la misma velocidad que adquirió durante el primer intervalo y hubiera de retener esa misma velocidad uniforme, entonces su velocidad sería dos veces menor de la que habría adquirido durante dos intervalos.

Y así parece que nos engañaremos mucho si ponemos el incremento de la velocidad como proporcional al incremento del tiempo; de ahí que la definición del movimiento que nos disponemos a tratar pudiera ser establecida como sigue: Se dice que un movimiento es uniformemente acelerado cuando, partiendo del reposo, adquiere en intervalos iguales, iguales aumentos de velocidad.

SAGREDO.- Aunque no puedo oponer objeción racional a esta, ni en verdad a ninguna otra definición trazada por cualquier autor, desde el momento en que todas las definiciones son arbitrarias, quizá se me permitirá, sin ofender, dudar de que una definición como ésta, establecida de un modo abstracto, corresponda y describa a esa especie de movimiento acelerado que encontramos en la naturaleza, para los cuerpos que caen libremente. Y pues el autor sostiene al parecer que el movimiento descrito en su definición es el de los cuerpos que caen libremente, me gustaría despejar mi espíritu de ciertas dificultades, a fin de poder luego dedicarme más a fondo a las proposiciones y sus demostraciones.

SALVIO.- Bien está que vosotros dos planteéis estas dificultades. Son, supongo, las mismas que se me ocurrieron cuando por primera vez vi este tratado y que luego desaparecieron, ya sea por discusiones con el propio autor o dando vueltas al asunto en mi mente....

SIMPLICIO.- A decir verdad, me agrada más este argumento sencillo y claro de Sagredo que la demostración del autor, que me parece más bien oscura; de modo que estoy convencido de que las cosas son como están descritas, una vez aceptada la definición del movimiento uniformemente acelerado. Pero dudo todavía de que esta aceleración sea la que de veras se encuentra en la naturaleza para los cuerpos que caen; y me parece, no solamente por mi interés, sino por el de todos los que piensan como yo, que éste sería el momento indicado para introducir uno de esos experimentos -y creo que son muchos- que ilustran de varios modos las conclusiones alcanzadas.

SALV.- El pedido que me haces, como hombre de ciencia, es muy razonable; porque tal es la costumbre -y con razón-

en las ciencias donde se aplican demostraciones matemáticas a los fenómenos naturales, como se ve en el caso de la perspectiva, astronomía, mecánica, música y otras ciencias en que los principios, una vez establecidos mediante experimentos bien seleccionados, se convierten en la base de toda su estructura. Espero, por consiguiente, que no parecerá que perdemos el tiempo si tratamos con bastante extensión esta cuestión primera y fundamentalísima, de la cual dependen numerosas consecuencias de las que sólo unas cuantas ha puesto aquí el autor, hombre que tanto ha hecho para abrir un camino hasta ahora cerrado a los ingenios inclinados a la especulación. Por lo que toca a los experimentos, el autor no los ha descuidado; y a menudo en compañía de él he procurado asegurarme de que la aceleración sufrida realmente por los cuerpos que caen en la descripta más arriba; y lo hemos hecho así:

Tomamos una viga de madera de unos doce codos de largo, medio codo de ancho y tres dedos de espesor; y en una de sus caras abrimos una canaleta de poco más de un dedo de ancho; hicimos esta canaleta muy recta, lisa y pulida, y la forramos de pergamino, también liso y pulido todo lo posible; y luego hicimos rodar por ella una bola de bronce, dura, lisa y muy redonda. Habiendo colocado la tabla en posición inclinada, levantando uno de sus extremos uno o dos codos más que el otro, hicimos rodar la bola, como decía, a lo largo de la canaleta, tomando nota, en la forma que pronto describiré, del tiempo requerido para el descenso.

Ejecutada esta operación, y habiéndonos asegurado de que se podía confiar en ella, hicimos rodar la bola solamente en un cuarto de largo de la canaleta; y medido el tiempo que tardó en descender, encontramos que era exactamente la mitad del anterior. En seguida probamos con otras distancias, comparando el tiempo necesario para el largo total con el de la mitad, o con el de los dos tercios, o lo tres cuartos o con cualquier fracción; en tales experimentos, repetidos cien veces, siempre encontramos que los espacios recorridos eran entre sí como los cuadrados de los tiempos, y ello ocurría con cualquier inclinación de la tabla, es decir de la canaleta por donde rodaba la bola. También observamos que los tiempos de descenso para diversas inclinaciones del plano guardaban unos con otros exactamente esa proporción que el autor, como veremos más adelante, había previsto y demostrado.

Para medir el tiempo, empleamos una gran vasija de agua puesta en alto; al fondo de la misma soldamos un canuto

de diámetro reducido, que daba un chorro fino de agua; a ésta la recogíamos en un vasito durante el tiempo de cada descenso, ya fuera para todo el largo de la canaleta o por una parte del mismo; el agua recogida así se pesaba después de cada descenso en una balanza muy precisa; las diferencias y razones de estos pesos nos daban las diferencias y razones de los tiempos, y con tanta exactitud que, aunque repetimos la operación muchas veces, no hubo discrepancia apreciable en los resultados.

Simp.- Me gustaría haber asistido a esos experimentos; pero como tengo confianza en el cuidado con que vosotros los ejecutéis y la fidelidad con que están contados, me doy por satisfecho y los acepto por ciertos y válidos.

SALV.- Entonces podemos proseguir sin discusión....

SAGR.- A decir verdad, pienso que podemos conceder a nuestro académico, sin adularle, su afirmación de que con el principio (es decir el principio del movimiento acelerado) establecido en este tratado, ha fundado una ciencia nueva que trata de un tema muy viejo. Observando con cuánta facilidad y claridad deduce de un solo principio la prueba de tantos teoremas, me pregunto cómo escapó esta cuestión a la atención de Arquímedes, Apolonio, Euclides y tantos otros matemáticos e ilustres filósofos, sobre todo cuanto se han dedicado tantos gruesos volúmenes al tema del movimiento.

SALV.- Hay un fragmento de Euclides que trata del movimiento, pero en el mismo no se halla indicio de que empezara nunca a investigar la propiedad de la aceleración y la manera en que varía con la inclinación. Así podemos decir que ahora la puerta está abierta por primera vez a un nuevo método preñado de resultados numerosos y admirables que en años por venir absorberán la atención de otros ingenios.

SAGR.- Creo de veras que, así como, por ejemplo, las pocas propiedades del círculo probadas por Euclides en el libro tercero de sus Elementos llevaron a descubrir tantas otras más recónditas, así los principios sentados en este tratadito, cuando los tomen talentos especulativos, llevarán a otros muchos resultados notables; y es de creer que así será debido a la nobleza del asunto, superior a cualquier otro de la naturaleza.

Durante esta jornada larga y laboriosa he gustado estos sencillos teoremas más que sus demostraciones, muchas de las cuales para ser cabalmente comprendidas, requerirían más de una hora cada una; este estudio, si tenéis la bondad de dejarme el libro, es el que me propongo emprender con espacio, luego que hayamos leído la parte restante, que se refiere al movimiento de los proyectiles; y lo haremos, si gustáis, mañana.

SALV.- No faltará a ello....

Galileo: DIALOGO DE LOS SISTEMAS MAXIMOS\*

SIMPLICIO. Yo, a decir verdad, no he hecho tan largas ni tan minuciosas observaciones que me permitan dominar el "quod est" de esta materia; pero de todos modos quiero hacerlas, y después ensayar yo también, por si tuviese la fortuna de poner de acuerdo lo que nos sugiere la experiencia con lo que nos demuestra Aristóteles, porque es evidente que dos verdades no pueden contrariarse.

SALVIATI. No os costará ningún trabajo, siempre que queráis poner de acuerdo lo que os demuestran los sentidos con las más firmes doctrinas de Aristóteles. Y en prueba de esto ¿no afirma acaso él que de las cosas celestes no es posible tratar con exactitud a causa de su gran lejanía?

SIMPLICIO. Los dice claramente.

SALVIATI. ¿Y no dice él mismo que lo que la experiencia y los sentidos nos demuestran debe anteponerse a cualquier argumentación, aun cuando parezca bien basada? y esto ¿no lo afirma sin el menor titubeo?

SIMPLICIO. Lo afirma.

SALVIATI. Entonces entre estas dos proposiciones, que son ambas doctrina de Aristóteles, la segunda, que afirma deberse anteponer los sentidos al razonamiento, es doctrina mucho más firme y evidente que la otra, que supone que el cielo es inalterable; y, por lo tanto, filosofaríamos más aristotélicamente afirmando: "el cielo es alterable, porque así me lo demuestran los sentidos," que no diciendo: "el cielo es inalterable, porque así me convence el razonamiento de Aristóteles".

Añadido que nosotros podemos discurrir sobre las cosas del cielo en condiciones mucho más favorables que Aristóteles, quien al declarar que este conocimiento era difícil para él a causa de la distancia de los sentidos, admite implícitamente que podría filosofar con mucha más seguridad acerca de ellas quien estuviese mejor ayudado por los sentidos. Y ahora nosotros, gracias al invento del telescopio, nos hemos aproximado al cielo treinta o cuarenta veces más de lo que estuviera de Aristóteles.

\* Esta selección se ha tomado del libro de Julián Marías La filosofía en sus textos. Selección, comentarios e introducciones por Julián Marías, Tomo I De Tales a Galileo, Segunda Edición. México: 1963. D. R. Copyright (c) by Editorial Labor, S. A. Pp. 917-927. Reproducción hecha con permiso de los editores.

les, de forma que podemos percibir en él mil cosas que no pudo ver, y, entre otras, aquellas máculas solares que fueron absolutamente invisibles para él; y así, pues, podemos nosotros disertar más seguramente que Aristóteles acerca del cielo y del Sol.

SAGREDO. Yo me hago intérprete de los sentimientos del señor Simplicio y me doy cuenta de cómo él se siente remover por la fuerza de estas muy concluyentes razones; pero por otro lado, el hecho de ver la gran autoridad que ha adquirido Aristóteles universalmente, el considerar el número de los intérpretes famosos que se han esforzado en explicar su pensamiento, el ver que otras ciencias, tan útiles y necesarias al público, fundan una gran parte de la estimación y reputación de que gozan en el crédito de Aristóteles, lo confunde y atemoriza bastante; y me parece oírle decir: ¿y a quién recurriremos para decidir nuestras controversias si hacemos a Aristóteles descender de su cátedra? ¿A qué otro autor ha de seguirse en las escuelas, en las Academias, en los estudios? ¿Qué filósofo ha escrito acerca de todas las partes de la filosofía natural, y tan ordenadamente, sin dejarse atrás ni siquiera una conclusión particular? ¿Debe derribarse aquel edificio bajo el cual se acogen tantos caminantes? ¿Debe destruirse aquel asilo, aquel Pritaneo, en donde con tanta comodidad se refugian tantos estudiosos; en donde sin exponerse a las injurias del aire, con sólo consultar pocos papeles se adquieren todos los conocimientos de la Naturaleza? ¿Debe arrasarse aquel propugnáculo donde se permanece en seguridad contra todo asalto enemigo?

Le compadezco no menos que a aquel señor que, empleando mucho tiempo, con gastos inmensos, con el trabajo de multitud de artífices, construyó un palacio hermosísimo y que al verlo después amenazaba ruina, por no haberse hecho mal los cimientos, para no ver con grandísima desolación desplomarse las paredes adornadas de pinturas tan bellas, caídas las columnas sosten de soberbias galerías, caídos los palcos dorados, arruinados los estípites, los frontispicios y las cornisas marmóreas labradas con tanto gasto, intente acudir a la ruina con cadenas, puntales, contrafuertes y barbacanas.

SALVIATI. ¡No tema el señor Simplicio semejantes catástrofes! Yo, sin que él tenga que preocuparse demasiado, puedo tranquilizarle acerca de ello. No existe el peligro de que una multitud tan grande de filósofos avisados y sagaces se deje aventajar por uno o dos que hacen un poco de ruido; antes bien: no volviendo contra ellos sus plumas, sino con el solo silencio los convertirán en el desprecio e irrisión de todos. Vano sería el

pensamiento de quien creyese introducir una nueva filosofía reprobando a este o aquel autor: es preciso, en primer lugar, aprender a rehacer el cerebro de los hombres y ponerlos en aptitud de distinguir lo verdadero de lo falso, cosa que sólo Dios puede hacer. Pero, de este razonamiento en otro, ¿adónde hemos ido a parar? Yo no podría volver a dar con el hilo sin ayuda de vuestra memoria.

SIMPLICIO. Lo recuerdo yo perfectamente. Estábamos discutiendo las respuestas del Antiticon a las objeciones contra la inmutabilidad del cielo, entre las cuales vos habíais introducido la de las manchas solares no mencionada por él; y creo que queríais examinar su respuesta acerca de las estrellas nuevas.

SALVIATI. Ahora me acuerdo de lo restante; y continuando la materia me parece que en la respuesta del Antiticon hay algunas cosas que merecen la crítica. Y ante todo, si las dos estrellas nuevas, las cuales éste no puede dejar de poner en las partes más alejadas del cielo y que fueron de larga duración y finalmente desaparecieron, no constituyen un obstáculo para mantener la inalterabilidad del cielo, por no ser partes ciertas de él ni mutaciones acaecidas en estrellas antiguas, ¿a qué fin ponerse con tanta ansiedad y afán en contra de los cometas, para arrojarlos a toda costa de las regiones celestes? ¿No le bastaba poder decir de ellos lo mismo que de las estrellas nuevas? Es decir, que por no ser partes ciertas del cielo ni mutaciones acaecidas en algunas de sus estrellas, no son inconveniente ni al cielo ni a la doctrina de Aristóteles. En segundo lugar, no me doy bien cuenta de su pensamiento cuando afirma que las alteraciones que acaeciesen en las estrellas irían en contra de las prerrogativas del cielo, o sea, de la inmutabilidad, etc., y esto porque las estrellas son cosas celestes, como es de manifiesto por la opinión unánime de todos, mientras que nada le perturba si las mismas alteraciones se diesen fuera de las estrellas, en el resto de la celeste expansión; ¿estima él quizá que el cielo no es una cosa celeste? Yo, por mi parte, creía que las estrellas se llaman cosas celestes por estar en el cielo o por estar hechas de la materia del cielo, y que, sin embargo, el cielo es más celeste que ellas, de la misma manera que no puede decirse que una cosa sea más terrestre o más ígnea que la tierra o el fuego mismo. El no haber hecho después mención de las manchas solares, las cuales se ha demostrado concluyentemente que se producen y se disuelven y que están próximas al cuerpo solar y giran con él o alrededor de él, me parecen indicio de que pudiese ocurrir que este autor escriba más bien a gusto de otros que satisfacción propia, y esto lo digo porque,

habiendo demostrado ser entendido en matemáticas, es imposible que no esté él persuadido de la demostración de que tales materias están necesariamente contiguas al cuerpo solar, y son generaciones y corrupciones tan grandes que ninguna de tal magnitud sucede jamás en la tierra; y así si tales y tan grandes alteraciones se verifican en el mismo globo del Sol, que razonablemente puede estimarse como una de las partes más nobles del cielo, ¿qué razón será lo bastante poderosa para disuadirnos de que no pueden acaecer otras en los demás globos?

SAGREDO. No puedo oír sin sentir gran estupor, y hasta diría con gran repugnancia de mi inteligencia, que se atribuye a los cuerpos naturales e integrantes del Universo el ser impasibles, inmutables, inalterables, etc., como una gran excelencia y perfección, y, por el contrario, estimar como gran imperfección el ser alterables, generables, mutables, etc.; yo, por mi parte, considero a la tierra nobilísima y admirable por tantas y tan diversas alteraciones, mutaciones, generaciones, etc., que en ella se verifican incesantemente; y si no estando sujeta a mutación fuese toda ella una vasta extensión de arena o una masa de alabastro, o si, al helarse las aguas que la cubrían en tiempo del diluvio, se hubiese convertido en un inmenso globo de cristal, donde jamás naciese, ni se alterase o se mudase cosa alguna, yo la estimaría como un cuerpo inútil al mundo, faltaría en absoluto de actividad, y, en resumen, superfluo y como si no existiese en la Naturaleza, tanto que lo compararía con la diferencia que existe entre el animal vivo y el animal muerto; y lo mismo digo de la Luna, de Júpiter y de los globos del Universo. Pero cuanto más me detengo a considerar la vanidad de la opinión general, más ligera y vacía la encuentro. ¿Qué mayor necedad puede imaginarse que aquella que llama materias preciosas a las gemas, a la plata y al oro, y viles a la Tierra y al fuego? ¿Y cómo no se les ocurre a esos tales que, si hubiese tanta escasez de tierra como la hay de joyas y de los metales más preciados, no existiría príncipe alguno que con la mayor satisfacción no gastase una suma de diamantes y de rubíes y cuatro carretadas de oro por tener solamente la tierra que bastase para plantar en un pequeño tiesto un jazmín o sembrar en él un naranjito de la China, para verlo nacer, crecer y producir hojas tan bellas, flores tan olorosas y frutos tan gratos? Es, pues, la penuria y la abundancia las que dan precio y envilecen las cosas entre el vulgo, el cual dirá, por contingente, que aquello es un bellissimo diamante porque se parece al agua pura, y sin embargo, no lo cambiaría por diez toneles de agua. Los que exaltan tanto la incorruptibilidad, inalterabilidad, etc., creo que se limitan a decir estas cosas por su grand deseo de

vivir mucho tiempo y por el terror que tienen de la muerte, y no consideran que si los hombres fuesen inmortales no les hubiera correspondido a ellos venir al mundo. Merecerían encontrarse con una cabeza de Medusa que los transformase en estatuas de alabastro o de diamante para que llegasen a ser más perfectos de lo que son.

SALVIATI. Y tal vez semejante metamorfosis no sería sin alguna ventaja para ellos; porque creo que es mejor no discutir que discutir al revés.

SIMPLICIO. Y no hay duda alguna de que la Tierra es mucho más perfecta, siendo como es alterable, mutable, etc., que si fuese una masa de piedra, o aun cuando fuese un entero diamante durísimo e impasible. Pero estas condiciones, que tanta excelencia comunican a la Tierra, harían, sin embargo, más imperfectos a los cuerpos celestes, en los cuales serían superfluas, puesto que los cuerpos celestes — esto es, el Sol, la Luna y las otras estrellas, las cuales no están dispuestas para otro objeto, sino al servicio de la Tierra — no tienen necesidad, para conseguir su fin, más que del movimiento y de la luz.

SAGREDO. Conque ¿la Naturaleza ha producido y enderezado tan vastos, perfectísimos y nobilísimos cuerpos celestes, impasibles, inmortales, divinos, solamente para servicio de la Tierra, pasible, caduca y mortal?, ¿al servicio de los que vos llamáis la hez del mundo, la sentina de todas las inmundicias? ¿Y a qué propósito hacer a los cuerpos celestes inmortales, etc. para servir a uno caduco, etc.? Suprimido este uso de servir a la Tierra, quedaría del todo inútil y superflua la innumerable muchedumbre de todos los cuerpos celestes ya que no tienen ni pueden tener ninguna operación de intercambio entre ellos, porque todos son inalterables, inmutables, impasibles; porque si la Luna es impasible, ¿qué actividad queréis que el Sol u otra estrella desempeñe en ella? Será, sin duda alguna, una operación mucho menor que la que haría quien quisiese fundir una gran masa de oro con la mirada o con el pensamiento. Además, a mí me parece que, dado que los cuerpos celestes, concurren a las generaciones y alteraciones de la tierra, es forzoso que ellos sean también alterables; de otro modo no podría comprenderse que la aplicación de la Luna o del Sol a la Tierra para hacer las generaciones no fuese como poner junto a la esposa una estatua de mármol y estar esperando prole de tal unión.

SIMPLICIO. La corruptibilidad, la alteración, la mutación, etc., no se dan en todo el globo terrestre, el cual en

cuanto a su integridad, no es menos eterno que el Sol o la Luna, sino que es generable y corruptible en cuanto a sus partes eternas; pero es bien cierto que en éstas la generación y corrupción son perpetuas, y como tales buscan las operaciones celestes eternas; es, pues, necesario que los cuerpos celestes sean eternos.

SAGREDO. Todo va muy bien; pero si no perjudica en absoluto a la eternidad de todo el globo terrestre la corruptibilidad de las partes superficiales, y hasta el hecho de ser generable, corruptible, alterable, etc., le comunica gran excelencia y perfección, ¿porqué no podéis y debéis admitir alteraciones, generaciones, etc., del mismo modo en las partes eternas de los globos celestes, dándoles excelencia sin disminuirles perfección o quitarles acción, y aun aumentándoselas al hacer que todas operen no sólo sobre la Tierra, sino mutuamente entre sí y la Tierra también sobre ellas?

SIMPLICIO. Esto no puede ser, por que las generaciones, mutaciones, etcétera, que se hiciesen, por ejemplo en la Luna, serían inútiles y vanas, et natura nihil frustra facit.

SAGREDO. ¿Y por qué serían inútiles y vanas?

SIMPLICIO. Porque estamos claramente viendo y tocando con la mano que todas las generaciones, mutaciones, etc., que se hacen en la Tierra, todas, o mediatamente o inmediatamente están enderezadas al uso, a la comodidad y al beneficio del hombre; para comodidad del hombre nacen los caballos, para alimento de los caballos produce la tierra el heno y las nubes lo riegan; para comodidad y alimento del hombre nacen las hierbas, las cebadas, las frutas, los animales, los pájaros, los peces; y, en suma, si fuésemos examinando detenidamente y resolviendo todas estas cosas, encontraríamos que el fin a que están todas enderezadas es la necesidad, la utilidad, la comodidad y la distracción de los hombres. Ahora bien, ¿qué utilidad podrían tener para el género humano las generaciones que se hiciesen en la Luna o en otro planeta? Si es que no queréis significar que en la Luna también existen hombres que gozarían de sus frutos; pensamiento fabuloso o impío.

SAGREDO. Yo no creo ni sé que en la Luna o en otro planeta se engendren hierbas, o plantas o animales semejantes a los nuestros, o haya lluvias, vientos y truenos como alrededor de la Tierra, y mucho menos que esté habitada por hombres; pero

no entiendo cómo, aun cuando no se engendren cosas semejantes a las nuestras, deba necesariamente deducirse que no se produzca en aquéllos ninguna alteración, ni puedan existir otras cosas que se transformen, se engendren o se disuelvan, no solamente distintas de las nuestras, sino muy alejadas de nuestra imaginación y, en suma, imposibles en absoluto de que nos las representemos. Y de la misma manera que yo estoy seguro de que un hombre nacido y criado en una selva inmensa, entre fieras y pájaros, y que no tuviese conocimiento alguno del elemento del agua, jamás podría caberle en la imaginación que existiese en la Naturaleza otro mundo distinto a la Tierra, lleno de animales que caminan velozmente sin piernas y sin alas, y no solamente sobre la superficie, como las fieras sobre la Tierra, sino dentro de toda la profundidad y que no tan sólo andan, sino que se detienen inmóviles donde les place, cosa que no pueden hacer los pájaros en el aire, y que además allí habitan también hombres y construyen palacios y ciudades, y que tienen tanta facilidad para viajar, que sin trabajo alguno van con toda la familia, y con la casa y con la ciudad entera a países lejanos. Estoy seguro, sí, como digo, de que aquel hombre, aun muy perspicaz de imaginación, no podría jamás imaginarse los peces, el océano, los barcos, las flotas y las armadas. Así, y mucho más, puede acontecer que en la Luna, separada por tanto espacio de nosotros y de materia quizá muy diversa de la tierra, existen substancias y se verifiquen operaciones no solamente lejanas, sino por completo fuera del alcance de nuestra imaginación, que no tengan semejanza ninguna con las nuestras y que, por tanto, no nos las podamos representar; ya que lo que nosotros nos imaginamos tendrá que ser o una cosa que ya se haya visto o un compuesto de cosas o de partes de cosas vistas alguna vez: como son las esfinges, las sirenas, las quimeras, los centauros, etc.

SALVIATI. Yo he estado muchas veces fantaseando sobre esas cosas y me parece que puedo imaginarme qué cosas no están o pueden estar, a no ser hablando en sentido general, es decir, cosas que la adornan, actuando, moviéndose y viviendo, de modo tal vez muy diverso del nuestro, cosas que están viviendo y admirando la grandeza y belleza del mundo y de su Creador y Rector y cantando con alabanzas continuas su gloria y haciendo, en suma (como creo), lo que afirman con tanta frecuencia los Escritores Sagrados, a saber: la perpetua ocupación de todas las criaturas en alabar a Dios.

SAGREDO. Estas son cosas que, hablando en general, pueden existir en aquéllos mundos; pero yo oíría de buena gana

hablar de las que vos pensáis que no están ni pueden estar, de las cuales es forzoso que se mencionen detenidamente.

SALVIATI. Daos cuenta, señor Sagredo, de que ésta será la tercera vez que nosotros así, de una cosa a otra, sin darnos cuenta, nos habremos desviado de nuestro principal camino y que tarde llegaremos al final de nuestro razonamiento si hacemos digresiones; pero si queremos diferir esta discusión con las otras que hemos decidido dejar para una sesión particular, será tal vez cosa muy oportuna.

SAGREDO. Me ha parecido siempre extraordinaria la temeridad de aquellos que quieren hacer de la capacidad humana la medida de cuanto puede y sabe obrar la Naturaleza, cuando, por el contrario, no hay efecto alguno en la Naturaleza, por pequeño que sea, a cuyo entero conocimiento puedan llegar los espíritus más especulativos.

Esta pretensión tan vana de entender el todo no puede tener su principio sino en no haber entendido jamás nada, porque cuando alguien ha hecho la experiencia, una sola vez, de haber llegado a entender una sola cosa, y ha gustado verdaderamente en qué consiste el saber, conoce que de la infinidad de las demás conclusiones no entiende ninguna.

SALVIATI. Vuestro discurso es enteramente concluyente, y tenemos en su confirmación la experiencia de los que entienden o han entendido algo, los cuales cuanto más sabios son y más conocen, más claramente confiesan que saben poco; y el más sabio de Grecia, que fue tenido por los oráculos como tal, decía abiertamente que sabía que no sabía nada.

SIMPLICIO. Habrá, pues, que decir que el oráculo o el mismo Sócrates no decían la verdad, si aquél lo tenía por muy sabio y éste afirmaba que se consideraba muy ignorante.

SALVIATI. No hay que deducir de ello lo uno ni lo otro, porque las dos afirmaciones pueden ser verdaderas. El oráculo juzga muy sabio a Sócrates en comparación con los demás hombres, cuya sabiduría es limitada; Sócrates reconoce que no sa

be nada en relación con la sabiduría absoluta, que es infinita, y porque son partes de lo infinito tanto lo mucho como lo poco, como la nada (porque para llegar, por ejemplo, al número infinito, tanto da acumular millares, como decenas, como ceros), bien conocía Sócrates que su limitada sabiduría era nula comparándola con la infinita que le faltaba. Mas porque entre los hombres existe cierto saber que no está distribuido por igual entre todos, pudo Sócrates tener mayor parte de él que los otros y resultar, por tanto, verdadera la respuesta del oráculo.

SAGREDO. Me parece entender perfectamente este punto. Existe entre los hombres, señor Simplicio, la potestad de actuar, pero no participan de ella todos por igual; no hay duda de que el poder de un emperador es mucho mayor que el de una persona particular, pero éste y aquél no son nada en comparación con la omnipotencia divina. Entre los hombres hay algunos que entienden mejor la agricultura que muchos otros; pero el saber cómo se planta un sarmiento de vid en una fosa ¿qué tiene que ver con el hacerlo enroscarse, absorber el alimento, escoger de éste una parte para transformarla en hojas, otra para formar los zarcillos, otra para los racimos, otra para la uva y otra para las pepitas; que son luego obra de la sapientísima Naturaleza? Este es un solo trabajo particular de entre los innumerables que lleva a cabo la Naturaleza, y por éste sólo puede conocerse su sabiduría infinita, de modo que podrá deducirse que el saber divino es infinitas veces infinito.

SALVIATI. He aquí otro ejemplo: ¿No diríamos que el saber crear de un trozo de mármol una bellísima estatua ha sublimado el genio de Miguel Angel muy por encima del genio común de los demás hombres?; y esta obra no consiste más que en imitar una sola actitud y disposición de los miembros exteriores y superficiales de un hombre inmóvil; y, sin embargo, ¿Qué es esto en comparación con un hombre hecho por la Naturaleza, compuesto de tantos miembros externos e internos y de tantos músculos, tendones, nervios, huesos, que sirven para tantos y tan diversos movimientos? ¿Y qué diremos de los sentidos, de las potencias del alma, y, finalmente, de la inteligencia?; ¿no podríamos decir, y con razón, que la obra de una estatua dista infinitamente de la formación de un hombre vivo y aun de la formación de un vil gusano?

SAGREDO. ¿Y qué diferencia creemos que existe entre la paloma de Arquitas y una natural?

SIMPLICIO. O yo soy uno de esos hombres que no en

tienen nada, o esta afirmación vuestra es una contradicción manifiesta. Vos, entre los mayores elogios, y aun como el mayor de todos, atribuíais al hombre, hecho por la Naturaleza, la facultad de entender; y hace poco decíais con Sócrates que su facultad de entender era nula; habrá, pues, que decir que ni siquiera la Naturaleza ha sabido hacer un intelecto que entienda.

SALVIATI. Habéis hecho una observación muy aguda; y para responder a la objeción conviene recurrir a una distinción filosófica, diciendo que la facultad de entender puede considerarse de dos maneras, es decir, "intensive" o "extensive"; y que "extensive", esto es, en relación con la multitud de las cosas inteligibles que son infinitas, el intelecto humano es como nulo, aun cuando entiende bien mil proposiciones, porque mil respecto del infinito es como cero; pero considerando el entender "intensive", en cuanto este término representa intensivamente, es decir, perfectamente, alguna proposición, digo que el intelecto humano entiende algunas tan perfectamente y tiene acerca de ellas certeza tan absoluta como la tiene la misma Naturaleza; tales son las ciencias matemáticas, esto es, la Geometría y la Aritmética, de las cuales el intelecto divino conoce infinitas proposiciones más, porque las sabe todas, pero creo que el conocimiento de aquellas pocas entendidas por el intelecto humano alcanza al divino en la certeza objetiva, porque llega a comprender su necesidad, por encima de la cual no parece que pueda existir seguridad mayor.

SIMPLICIO. Esto me parece un modo de hablar muy resuelto y atrevido.

SALVIATI. Son proposiciones corrientes y muy lejos de toda sombra de temeridad o de atrevimiento, y que en nada disminuyen la majestad de la divina sabiduría, de la misma manera que en nada disminuye su omnipotencia el decir que Dios no puede hacer que lo hecho deje de haberse hecho. Pero temo, señor Simplicio, que vos me estáis haciendo objeciones porque habéis entendido mis palabras equivocadamente. Por tanto, para explicarme mejor, diré que en cuento a la verdad que conocemos por las demostraciones matemáticas, es la misma que conoce la sabiduría divina; pero os admito que el modo con el cual Dios conoce las infinitas proposiciones, de las cuales poseemos nosotros unas pocas, es mucho más excelente que el nuestro, que procede por razonamiento, pasando de una conclusión a otra, mientras el Suyo es una simple intuición; y cuando nosotros, por ejemplo, para llegar a conocer algunas de las evoluciones que pueden verificarse en el círculo, que son infinitas, comen-

zamos por una de las más sencillas y, tomando a ésta por su definición pasamos por deducción a otra y de ésta a la tercera y luego a la cuarta, etc., el Intelecto divino, con la simple aprehensión de su esencia, comprende, sin razonamiento temerario, toda la infinidad de aquellas evoluciones, las cuales, en efecto, virtualmente están incluidas en la definición de todas las cosas, que, además, en resumen, por ser infinitas, tal vez son una sola en su esencia y en la Mente divina. Y esto no es tan poco completamente desconocido para el intelecto humano, sino que está envuelto en densa y profunda niebla, la cual disminuye y se aclara cuando nos hacemos dueños de algunas conclusiones firmemente demostradas y tan expeditamente adquiridas por nosotros que podemos pasar de una a otra velozmente; porque, en resumen, ¿qué es el cuadrado construido en un triángulo sobre el lado opuesto al ángulo recto, igual a los construidos sobre los otros dos lados contiguos al ángulo recto, sino que son iguales los paralelogramos de base común y entre paralelas?; ¿no es esto, en suma, lo mismo que decir que comparadas las dos superficies, una no excede a la otra, sino que ambas se extienden dentro de los mismos límites? Ahora bien, estas deducciones que nuestra inteligencia hace empleando cierto tiempo y procediendo paso a paso, el Intelecto divino, como la luz, las recorre en un instante, que es igual que decir que las tiene siempre a todas presentes. Conclúyese, por tanto, que nuestro entender, en cuanto al modo y en cuanto a la cantidad de las cosas entendidas, se queda atrás por espacio infinito respecto al divino; y, sin embargo, no lo envilezco tanto que lo considere absolutamente nulo, y hasta cuando voy considerando cuántas y cuán maravillosas cosas han entendido, investigado y operado los hombres, reconozco y comprendo con toda claridad que la mente humana es obra de Dios, y de las más excelentes.

SAGREDO. Yo he estado muchas veces considerando con mi go mismo, a propósito de lo que acabáis de decir, cuán grande es la agudeza del ingenio humano; y cuando discurro acerca de tantas y tan maravillosas invenciones encontradas por los hombres, así en las artes como en las letras, y después reflexiono sobre mis conocimientos, tan alejados de poder proponerse no solamente el conseguir alguna nueva, sino ni siquiera de conocer las ya halladas, confuso por el estupor y afligido por la desesperación, me considero poco menos que desgraciado. Si miro alguna estatua de las más bellas, me digo a mí mismo: ¿cómo podrías tú quitar lo sobrante de un trozo de mármol y dejar al descubierto esa figura tan hermosa que estaba escondida en él? ¿Cómo mezclar y extender sobre una tela o pared diversos colores y representar con ellos todos los objetos visibles como un Miguel Angel, un Rafael a un Ticiano? Si considero lo que han descubierto los

hombres al dividir los espacios musicales, al establecer preceptos y reglas para poderlos manejar con satisfacción infinita del oído; ¿cuando acabaré de maravillarme? ¿Qué diré de tantos y tan diversos instrumentos? La lectura de los más excelentes poetas; ¿de qué admiración no llena a quien considera atentamente el hallazgo de los conceptos y el modo de expresarlos? ¿Y ¿qué diremos de la Arquitectura? ¿qué del arte de la Navegación? Pero entre todos los inventos estupendos ¿qué grandeza de inteligencia fué la de aquel que imaginó el modo de comunicar sus más recónditos pensamientos a cualquier otra persona, aun distante por grandísimo intervalo del lugar y de tiempo? ¿hablar con los que están en las Indias, con los que no han nacido aún ni nacerán sino de aquí a mil o diez mil años? ¿y con qué facilidad? Con las diversas combinaciones de veinte pequeños caracteres sobre un papel. Sea éste el sello de todos los admirables inventos humanos y el final de nuestro razonamiento de hoy; y habiendo pasado ya la hora del calor, pienso que al señor Salviati le agrada irse a tomar el fresco en barca; y mañana os espero a las dos para continuar las discusiones comenzadas, etc.

SALVIATI. Decís: porque cuando el barco está parado, la piedra cae al pie de palo; y cuando está en movimiento cae lejos; y, por el contrario, de caer la piedra al pie se infiere que el barco está parado, y de caer lejos se argumenta que se mueve; y porque lo que ocurre en el barco, debe suceder igualmente en la Tierra, de caer la piedra al pie de la torre se infiere necesariamente la inmovilidad del globo terrestre; ¿no es éste vuestro argumento?

SIMPLICIO. Ciertamente, y reducido a los términos más breves que lo hacen facilísimo de entender.

SALVIATI. Ahora decidme: si una piedra que se deja caer desde la punta del palo cuando el barco marcha con gran velocidad cayese precisamente en el mismo lugar del barco en donde cae cuando está quieto, ¿qué elementos os facilitarían esta causa para daros la seguridad de que el barco está quieto o de que está en marcha?

SIMPLICIO. Absolutamente ninguno; de la misma manera, por ejemplo, que por el latir del pulso no puede saberse si uno duerme o está despierto, porque el pulso late del mismo modo en

los que duermen que en los que velan.

SALVIATI. Perfectamente; ¿habéis hecho alguna vez el experimento del barco?

SIMPLICIO. No lo he hecho; pero estoy convencido de que los autores que lo citan lo han observado cuidadosamente; aparte de que se comprende tan claramente la causa de la disparidad, que no deja lugar a dudas.

SALVIATI. Vos mismo sois un buen testimonio de que podría ser que aquellos autores lo citen sin haberlo hecho, porque sin haberlo hecho lo citáis como seguro y os remitís a la buena fe de su dicho; del mismo modo que no sólo es posible, sino forzoso, que ellos hayan hecho otro tanto, esto es, remitirse a sus antecesores, sin que lleguemos jamás a uno que haya hecho el experimento; porque el que lo haga encontrará que la experiencia demuestra todo lo contrario de lo que se ha escrito; a saber: demostrará que la piedra cae siempre en el mismo lugar de la nave, sea que esté parada, sea que se mueva con cualquier velocidad. De donde, por ser la misma razón de la Tierra la de la nave, de caer la piedra siempre perpendicularmente al pie de la torre no puede inferirse nada acerca del movimiento y de la quietud de la Tierra.

SIMPLICIO. Si me remito a otro medio que no sea la experiencia, creo que nuestras discusiones no acabarán tan pronto, porque lo que decís me parece tan alejado de todo razonamiento humano, que no deja el menor lugar a la credulidad o a la probabilidad.

SALVIATI. Y, sin embargo, me lo ha dejado a mí.

SIMPLICIO. Conque ¿vos no habéis hecho cien pruebas, sino una, y, sin embargo, la dais tan francamente por segura? Yo vuelvo a mi incredulidad y a la misma seguridad de que la experiencia se haya hecho por los principales autores que se sirven de ella y que demuestra lo que aquéllos afirman.

SALVIATI. Yo estoy seguro, sin necesidad del experimento, de que el efecto será como os digo, porque es necesario que sea así; y hasta os añado que vos mismo sabéis también que no puede ser de otra manera, si bien fingís o simuláis fingir que no lo sabéis; pero yo soy tan buen luchador de cerebros que os lo haré confesar a viva fuerza. Pero el señor Sagredo

está muy callado; me ha parecido, sin embargo, haberos visto hacer algún gesto como si quisierais decir algo.

SAGREDO. En efecto, quería decir no sé qué, pero la curiosidad que ha despertado en mí vuestra afirmación de que vais a obligar al señor Simplicio a confesar los conocimientos que quiere ocultarnos, ha hecho callar en mí cualquier otro deseo; os ruego, por lo tanto, que pongáis en práctica el intento.

SALVIATI. No dejaré de hacerlo, con tal de que el señor Simplicio se conforme con responder a mis preguntas.

SIMPLICIO. Contestaré lo que sepa, en la seguridad de tener pocas dificultades, porque no creo poder saber nada de lo que yo estimo por falso, ya que la Ciencia es de los verídicos y no de los falsos.

SALVIATI. Yo no quiero que digáis y que respondáis que sabéis sino lo que sabéis con seguridad. Y ahora decidme: si suponéis una superficie plana, pulimentada como un espejo y de materia dura como el acero, que no esté paralela con el horizonte, sino algo inclinada, y sobre de ella ponéis una bola perfectamente esférica y hecha de materia pesada y durísima, como, por ejemplo, el bronce, dejada en libertad, ¿que creéis vos que hará?, ¿no creéis, como yo creo, que se quedará parada?

SIMPLICIO. ¿En caso de que aquella superficie esté inclinada?

SALVIATI. Si, ya que así lo he supuesto.

SIMPLICIO. Yo no creo de ninguna manera que se pare, sino, por el contrario, estoy seguro de que se moverá espontáneamente hacia el declive.

SALVIATI. Fijaos bien en lo que decís, señor Simplicio, porque yo estoy seguro de que se quedará inmóvil en cualquier lugar que la dejéis.

SIMPLICIO. Si vos, señor Salviati, os servís de este género de suposiciones, ya no me extraña que hagáis conclusiones falsísimas.

SALVIATI. ¿Estáis, por lo tanto, absolutamente seguro de que ella se moverá espontáneamente hacia el declive?

SIMPLICIO. ¿Pero puede ponerse en duda?

SALVIATI. Y de ello estáis convencido no porque yo os lo haya dicho (porque intentaba convenceros de lo contrario), sino por vos mismo y por vuestro raciocinio natural.

SIMPLICIO. Ahora comprendo vuestra trampa: decís así para tentarme o, como vulgarmente se dice, para "ponerme la zancadilla", sin creer realmente en lo que decís.

SALVIATI. Eso es. ¿Y durante cuánto tiempo continuaría moviéndose la bola y con qué velocidad? Y advertid que os he indicado una bola perfectísimamente redonda y un plano absolutamente pulimentado, con el fin de eliminar cualquier impedimento externo y accidental. Y así quiero que prescindáis del impedimento del aire con su resistencia a ser penetrado y todos los otros obstáculos accidentales, si pueden existir otros.

SIMPLICIO. Comprendo todo perfectamente; y por lo que se refiere a vuestra pregunta, os contesto que la bola continuaría moviéndose indefinidamente mientras persistiese la inclinación del plano y con movimiento continuamente acelerado; por que tal es la naturaleza de los cuerpos móviles graves que vires acquirant eundo; y cuanto mayor fuese la inclinación, mayor sería la velocidad.

SALVIATI. Y en caso de que alguno quisiera que la bola se moviese hacia arriba sobre la misma superficie, ¿creéis vos que ésta lo haría?

SIMPLICIO. Espontáneamente no; pero sí en caso de ser arrastrada o lanzada con fuerza.

SALVIATI. Y en caso de ser empujada por un impulso que le haya sido impuesto violentamente, ¿cuál y cuánto sería su movimiento?

SIMPLICIO. El movimiento iría siempre disminuyendo y retrasándose por ser contrario a la Naturaleza; y sería más largo o más corto según el mayor o menor impulso y la mayor o menor pendiente.

SALVIATI. Me parece, pues, que hasta aquí me habéis explicado los accidentes de un cuerpo móvil sobre dos planos distintos; es decir, que sobre el plano inclinado, el cuerpo móvil desciende espontáneamente y va continuamente

su movimiento, y que para mantenerlo en reposo es necesario usar la fuerza; mientras que sobre el plano ascendente se hace precisa la fuerza tanto para empujarlo como para mantenerlo parado, y que el movimiento que se le ha impuesto va continuamente disminuyendo hasta que por fin se anula. Decís, además, que en uno y otro caso surgen diferencias al ser la pendiente del plano hacia arriba o hacia abajo mayor o menor, de forma que a la mayor inclinación corresponde mayor velocidad, y, por el contrario, sobre el plano ascendente, el mismo cuerpo móvil impulsado por la misma fuerza se mueve durante mayor distancia en cuanto la elevación de la pendiente es menor. Ahora decidme: ¿qué ocurriría al mismo cuerpo móvil sobre una superficie que no estuviese en declive hacia arriba ni hacia abajo?

SIMPLICIO. Aquí me hace falta pensar un poco la contención. No existiendo inclinación no puede existir tendencia natural al movimiento, y no existiendo pendiente hacia arriba, tampoco puede existir resistencia a ser movido, de forma que llegará a ser indiferente entre la propensión y la resistencia al movimiento. Me parece, pues, que el cuerpo quedaría naturalmente inmóvil. Pero yo debo estar desmemoriado, porque no he ce mucho que el señor Sagredo me explicaba que así sucedería.

SALVIATI. Así opino en el caso de que es la colocasen parada; pero si se imprimiese un impulso en alguna dirección ¿qué ocurriría?

SIMPLICIO. Continuaría moviéndose en aquella dirección.

SALVIATI. ¿Pero con qué movimiento? ¿con movimiento continuamente acelerado como sobre los planos inclinados, o con movimiento progresivamente retardado como sobre los planos ascendentes?

SIMPLICIO. Yo no sabría encontrar ninguna cosa de aceleración ni de retraso no existiendo pendiente hacia arriba o hacia abajo.

SALVIATI. Sí. Pero si no existiese una causa de retraso, mucho menos debería existir la de quietud: ¿durante cuánto tiempo, pues, opináis, que el cuerpo móvil continuaría moviéndose?

SIMPLICIO. Tanto cuanto durase la extensión de aquella superficie ni ascendente ni inclinada.

SALVIATI. Y así, si tal espacio fuese indeterminado,

ría también indeterminado el movimiento, es decir, perpetuo?

SIMPLICIO. Me parece que sí, siempre que el móvil fuese de materia duradera.

SALVIATI. Esto ya lo hemos supuesto al decir que queda eliminado cualquier impedimento accidental y externo, y la fragilidad del cuerpo móvil sería en este caso uno de los impedimentos accidentales. Decidme ahora: ¿cuál creéis vos que sea la razón de moverse la bola espontáneamente sobre el plano inclinado y la de no moverse sin impulso sobre el ascendente?

SIMPLICIO. Porque la tendencia de los cuerpos graves es a moverse hacia el centro de la tierra y solamente con violencia hacia la circunferencia; y la superficie inclinada es aquella que tiende a aproximarse al centro, mientras que la ascendente tiende a alejarse.

SALVIATI. Por tanto, para que una superficie, no estuviere en pendiente hacia arriba ni hacia abajo, sería preciso que todas sus partes fuesen equidistantes del centro. Pero, ¿existe en el mundo una superficie de esa naturaleza?

SIMPLICIO. No faltan; hay la de nuestro globo terrestre si fuese bien lisa y no escabrosa y montañosa como es; hay la del agua cuando está en calma y tranquila.

SALVIATI. Por tanto, una nave que se mueva sobre el mar en calma es uno de aquellos móviles que corren sobre esas superficies que no están en declive hacia arriba ni hacia abajo y que están por ello siempre que queden eliminados los obstáculos accidentales y externos en situación de moverse incesantemente y uniformemente por el impulso una vez recibido.

SIMPLICIO. Parece que deba ser así.

SALVIATI. Y aquella piedra que estaba en la punta del palo ¿no se mueve ella también -al ser llevada por el barco- sobre la circunferencia del círculo alrededor del centro como consecuencia de un movimiento indeleble que lleva en sí, considerando eliminados los impedimentos externos? y este movimiento, ¿no tiene la misma velocidad que el de la nave?

SIMPLICIO. Hasta aquí todo va bien, ¿pero después?

SALVIATI. Sacad vos mismo, pues, la última consecuencia.

¿Queréis decir que aquella piedra, al moverse con un movimiento indeleble que le ha sido impuesto, no puede dejar sino tiene que seguir, a la nave y, por último, que ha de caer en el mismo sitio en donde cae cuando la nave está inmóvil; y esto opinó también que sucedería si no hubiese impedimentos externos que estorbasen el movimiento de la piedra al ser puesta en libertad; tales impedimentos son dos: el primero consiste en que el móvil es impotente para romper el aire con su solo impulso al saltarle el de la fuerza de los remos, del cual era participante en cuanto parte de la nave mientras estaba sobre el palo; el segundo es el nuevo movimiento de caer hacia abajo, que forzosamente debe ser un impedimento al otro progresivo.

**SALVIATI.** Por lo que se refiere al impedimento del aire no os lo niego; y si el cuerpo descendente fuese de materia ligera como una pluma o un copo de lana, el retraso sería muy grande; pero en una piedra pesada es pequeñísimo; y vos mismo, hace poco, habéis dicho que la fuerza del viento más impetuoso no bastaría para mover de su lugar una piedra grande; pensad, pues, qué hará el aire quieto al encontrarse con la piedra, no teniendo más velocidad que la del barco. A pesar de esto, como ya he dicho, os admito este pequeño efecto que puede depender de tal impedimento; de la misma manera que me admitiréis que en caso de moverse el aire con la misma velocidad del barco y de la piedra, el impedimento sería absolutamente nulo. En cuanto al otro, del subsiguiente movimiento hacia abajo, es evidente, ante todo, que esos dos movimientos -es decir, el circular alrededor del centro y el rectilíneo hacia el centro- no son contrarios ni se destruyen uno al otro, ni son incompatibles, pues por lo que se refiere al cuerpo móvil, éste no tiene repugnancia alguna a tal movimiento; porque vos mismo ya habéis admitido que la repugnancia es al movimiento que aleja del centro y la inclinación al movimiento que acerca a él; de donde necesariamente se sigue que para el movimiento que ni aleja ni acerca al centro no pueda existir por parte del móvil ni repugnancia ni tendencia, ni por consiguiente, causa alguna de que disminuya en él la facultad que le ha sido impuesta; y porque la causa atractriz no es una sola, que ha de perder fuerza por esta nueva operación, sino que son dos distintas entre sí, de las cuales una, la gravedad, tiende sólo a atraer al cuerpo móvil hacia el centro, y la otra, el impulso impuesto, a llevarlo alrededor del centro, no queda ninguna ocasión de impedimento.

**SALVIATI.** ¿En cuántas cuestiones atenderíamos que disentir si quisiéramos decidir todas las dificultades que se vienen presentando, una en consecuencia de otra? Vos llamáis principio externo y (hasta antinatural y violento) a aquél que mueve el proyectil pesado hacia lo alto; pero quizá no es este principio menos interno y natural que aquél que lo hace moverse hacia abajo. Podría probablemente llamarse externo y violento mientras el proyectil está unido con el proyectil; pero una vez separado de éste, ¿qué cosa externa queda como motor de la saeta o de la bala? Es preciso pues admitir que aquél poder que la transporta hacia arriba nos es menos interno que aquél que la mueve y hacia abajo; y yo considero tan natural el movimiento de los mismos cuerpos graves hacia arriba a consecuencia del impulso recibido como el movimiento hacia abajo que depende de la gravedad.

**SIMPLICIO.** ¿Esto no lo admitiré yo jamás, porque este último tiene un principio interno y natural y perpetuo, y aquél lo tiene externo y violento y limitado. ¿debe de dolerse de que se mueva hacia arriba y se mueva hacia abajo?

**SALVIATI.** Si os negáis a admitirme que los principios de los movimientos de los cuerpos graves hacia abajo y hacia arriba son igualmente internos y naturales, ¿qué haréis si os dijese que pueden también ser de igual número?

**SIMPLICIO.** Lo dejo a vuestro propio juicio.

**SALVIATI.** Al contrario, yo os quiero a vos mismo por juez. ¿Pues decidme: ¿creéis que en un mismo cuerpo natural pueden existir principios internos que sean contrarios entre sí?

**SIMPLICIO.** Creo en absoluto que no.

**SALVIATI.** De la tierra, del plomo, del bronce y de las materias muy pesadas, ¿cuál pensáis que sea su naturaleza intrínseca tendencia, es decir, hacia cuál movimiento estimáis que su principio interno les atraiga?

**SIMPLICIO.** Al movimiento hacia el centro, de las cosas graves, esto es, hacia el centro del Universo adonde llegarían si no encontrasen obstáculo.

**SALVIATI.** De forma que si el globo terrestre estuviese perforado por un pozo que pasase por su centro una bala de artillería dejada caer por el mismo llegaría al centro movida por un principio natural e intrínseco; y todo este movimiento lo haría ella espontáneamente y por principio intrínseco, ¿no es así?

SIMPLICIO. Así lo tengo por seguro.

SALVIATI. Pero llegada al centro ¿creéis que la bala pasaría más allá o que allí cesaría inmediatamente el movimiento?

SIMPLICIO. Creo que seguiría moviéndose por larguísimo espacio.

SALVIATI. Pero este movimiento más allá del centro ¿no sería hacia lo alto y, según vuestra afirmación, antinatural y violento?, ¿y de qué otro principio lo derivaríais sino de aquel mismo que ha llevado la bala al centro y que vos mismo habéis definido intrínseco y natural? Buscad un impulso proyector externo que intervenga de nuevo para lanzarla hacia lo alto. Y lo que queda dicho a propósito del movimiento hacia el centro, se ve también aquí entre nosotros: porque el impulso interno de un cuerpo grave que está cayendo por una superficie inclinada, en caso de doblarse desde abajo la misma superficie hacia arriba, le llevará también hacia lo alto sin interrumpir en nada su movimiento. Una bola de plomo pendiente de un cordel, movida por el perpendicular, desciende espontáneamente, arrastrada por su inclinación interna, y sin interponer un instante de reposo sobrepasa el punto más bajo y se mueve hacia arriba sin que sobrevenga otro motor. Yo sé que vos no negaréis que es tan natural e interno en los cuerpos graves el principio que les hace moverse hacia abajo, como lo es en los cuerpos ligeros aquel que los mueve hacia arriba; y, por tanto, os presento el caso de una bola de madera que, bajando por el aire desde gran altura -y moviéndose, por lo visto, por un principio interno-, al llegar a una masa profunda de agua, sigue bajando, y, sin necesidad de otro impulso externo, se sumerge por una larga profundidad; y, sin embargo, el movimiento hacia abajo en el agua le es antinatural, y todo ello depende de un principio que es interno y no externo a la bola. Ahí tenéis, pues, demostrado cómo un cuerpo móvil puede ser movido por un mismo principio interno con movimientos contrarios...

Tema C: La síntesis newtoniana.

Isaac Newton (1642-1727)\*

## NEWTON

Isaac Newton nació en 1642 -el mismo año que moría Galileo- y murió en 1727. Apenas tuvo una vida distinta de la intelectual. Fué alumno del Trinity College de Cambridge; luego, profesor en él hasta 1701, en que abandonó la enseñanza. Toda su actividad se concentró en la fundamentación de la física moderna y en la creación del método matemático que ésta requería: el cálculo infinitesimal, que él llamó método de las flujiones. Newton, por aversión a las discusiones científicas, se resistía a publicar sus obras, y sólo lo hacía a instancias de sus amigos y discípulos, a veces mucho después de haberlas pensado y compuesto. La famosa polémica acerca de la prioridad del descubrimiento del cálculo infinitesimal, entre los partidarios de Newton, ensombreció algunos años de la vida de los dos pensadores.

La obra capital de Newton, publicada en 1687 -una de las fechas decisivas de la historia de la Ciencia-, es la titulada *Philosophiæ naturalis principia mathematica*, en 3 volúmenes. Después publicó su *Optics*, y otros escritos menores, aparte de su obra puramente matemática.

\* La presente introducción y selección que a continuación se citan, han sido tomadas de Julián Marías. La Filosofía en sus textos. Selección, comentarios e introducciones por Julián Marías, Tomo II. De Descartes de Dilthey. Segunda Edición. 1963. Editorial Labor, S. A. D. R. Copyright 1963 (c) by Editorial Labor, S. A. Pp.312-318. Reproducida con permiso de los editores.

SIMPLICIO. Así lo tengo por seguro.

SALVIATI. Pero llegada al centro ¿creéis que la bala pasaría más allá o que allí cesaría inmediatamente el movimiento?

SIMPLICIO. Creo que seguiría moviéndose por larguísimo espacio.

SALVIATI. Pero este movimiento más allá del centro ¿no sería hacia lo alto y, según vuestra afirmación, antinatural y violento?, ¿y de qué otro principio lo derivaríais sino de aquel mismo que ha llevado la bala al centro y que vos mismo habéis definido intrínseco y natural? Buscad un impulso proyector externo que intervenga de nuevo para lanzarla hacia lo alto. Y lo que queda dicho a propósito del movimiento hacia el centro, se ve también aquí entre nosotros: porque el impulso interno de un cuerpo grave que está cayendo por una superficie inclinada, en caso de doblarse desde abajo la misma superficie hacia arriba, le llevará también hacia lo alto sin interrumpir en nada su movimiento. Una bola de plomo pendiente de un cordel, movida por el perpendicular, desciende espontáneamente, arrastrada por su inclinación interna, y sin interponer un instante de reposo sobrepasa el punto más bajo y se mueve hacia arriba sin que sobrevenga otro motor. Yo sé que vos no negaréis que es tan natural e interno en los cuerpos graves el principio que les hace moverse hacia abajo, como lo es en los cuerpos ligeros aquel que los mueve hacia arriba; y, por tanto, os presento el caso de una bola de madera que, bajando por el aire desde gran altura -y moviéndose, por lo visto, por un principio interno-, al llegar a una masa profunda de agua, sigue bajando, y, sin necesidad de otro impulso externo, se sumerge por una larga profundidad; y, sin embargo, el movimiento hacia abajo en el agua le es antinatural, y todo ello depende de un principio que es interno y no externo a la bola. Ahí tenéis, pues, demostrado cómo un cuerpo móvil puede ser movido por un mismo principio interno con movimientos contrarios...

Tema C: La síntesis newtoniana.

Isaac Newton (1642-1727)\*

## NEWTON

Isaac Newton nació en 1642 -el mismo año que moría Galileo- y murió en 1727. Apenas tuvo una vida distinta de la intelectual. Fué alumno del Trinity College de Cambridge; luego, profesor en él hasta 1701, en que abandonó la enseñanza. Toda su actividad se concentró en la fundamentación de la física moderna y en la creación del método matemático que ésta requería: el cálculo infinitesimal, que él llamó método de las flujiones. Newton, por aversión a las discusiones científicas, se resistía a publicar sus obras, y sólo lo hacía a instancias de sus amigos y discípulos, a veces mucho después de haberlas pensado y compuesto. La famosa polémica acerca de la prioridad del descubrimiento del cálculo infinitesimal, entre los partidarios de Newton, ensombreció algunos años de la vida de los dos pensadores.

La obra capital de Newton, publicada en 1687 -una de las fechas decisivas de la historia de la Ciencia-, es la titulada *Philosophiæ naturalis principia mathematica*, en 3 volúmenes. Después publicó su *Optics*, y otros escritos menores, aparte de su obra puramente matemática.

\* La presente introducción y selección que a continuación se citan, han sido tomadas de Julián Marías. La Filosofía en sus textos. Selección, comentarios e introducciones por Julián Marías, Tomo II. De Descartes de Dilthey. Segunda Edición. 1963. Editorial Labor, S. A. D. R. Copyright 1963 (c) by Editorial Labor, S. A. Pp.312-318. Reproducida con permiso de los editores.

Newton: PRINCIPIOS MATEMATICOS DE LA FILOSOFIA  
NATURAL.

DEFINICIONES.

DEFINICION PRIMERA. La cantidad de materia es medida por el producto de la densidad por la magnitud.

El aire, con una densidad doble, se hace cuádruplo en un espacio también duplicado, y en uno triplicado, séxtuplo. Entiéndase lo mismo de la nieve y de los polvos condensados por comprensión o liquefacción. La misma razón vale para todos los cuerpos que se condensan de diversas maneras por cualesquiera causas. No tengo noticias de que ningún medio, si acaso existe, invada libremente los intersticios de las partes. A continuación llamo muchas veces cuerpo y masa a esta cantidad, que conocemos por el peso de cualquier cuerpo, porque, como se dirá después, he verificado por medio de experimentos muy precisos que dicha cantidad es proporcional al peso.

DEFINICION SEGUNDA. La cantidad del movimiento es la medida del mismo, producida conjuntamente por la velocidad y por la cantidad de la materia.

El movimiento del todo es la suma de los movimientos de cada una de las partes, y, por tanto, en un cuerpo dos veces mayor con velocidad igual es doble, y con doble velocidad, cuádruple.

DEFINICION TERCERA. La materia está dotada de una fuerza que es potencia para resistir, de donde todo cuerpo abandonado a sí mismo persevera en su estado de quietud o de movimiento uniforme y rectilíneo.

Esta fuerza es siempre proporcional al cuerpo y no se diferencia en nada de la inercia de la masa, a no ser en el modo de concebirla. Es en virtud de la inercia de la materia el que todo cuerpo difícilmente sale de su estado de reposo o movimiento. Por ello también dicha fuerza innata de los cuerpos recibe el nombre muy significativo de fuerza de inercia. Pero los cuerpos ejercen esta fuerza solamente cuando cambian de

estado mediante otra fuerza en ellos impresa. Desde diverso punto de vista, dicho ejercicio es resistencia e ímpetu; es resistencia, en cuanto que el cuerpo para conservar su estado rechaza la fuerza impresa; ímpetu, en cuanto que el mismo cuerpo, cediendo con dificultad a la fuerza del obstáculo de resistencia, intenta cambiar el estado de dicho obstáculo. El vulgo atribuye la resistencia a los cuerpos en quietud, y el ímpetu a los cuerpos en movimiento; no obstante, el movimiento y el reposo, como los concibe el vulgo, sólo se distinguen entre sí por una relación. Tampoco es verdad que siempre están en reposo las cosas que la opinión vulgar así considera.

DEFINICION CUARTA. La fuerza impresa es una acción ejercida en los cuerpos para cambiar su estado de reposo o movimiento uniforme y rectilíneo.

Consiste esta fuerza únicamente en la acción, y no permanece en los cuerpos una vez pasada la acción, ya que en todo estado nuevo, los cuerpos perseveran por la sola fuerza de inercia. Ahora bien; la fuerza impresa tiene diferentes orígenes, ya es un golpe, ya una presión, ya la fuerza centrípeta.

DEFINICION QUINTA. La fuerza centrípeta es aquella mediante la cual los cuerpos tienden hacia un punto como centro, atraídos o repelidos o de otro modo cualquiera.

De éste género, son la gravedad, por medio de la cual los cuerpos tienden al centro de la tierra; la fuerza magnética, por la cual el imán atrae al hierro; y aquella otra fuerza, cualquiera que sea, en virtud de la cual los planetas se retraen continuamente de sus movimientos rectilíneos y se ven forzados a moverse en líneas curvas. La piedra que se mueve con el movimiento de la honda, tiende a salir de la órbita de la mano, y con su conato pone en tensión a la honda y con tanta más fuerza cuanto es mayor la velocidad del movimiento, y así, en cuanto se la suelta, escapa. A la fuerza contraria a dicho conato por medio de la cual la honda retiene continuamente la piedra en la mano y en su órbita, ya que se dirige a la mano como al centro de la órbita llamo fuerza centrípeta. Y adviértase que exactamente igual es la razón de todos los cuerpos que se mueven en círculo. Todos ellos tienden a separarse de los centros de sus órbitas, y si no fuese por una fuerza contraria a ese conato, por la cual se cohiben y se mantienen en las órbitas, a la cual por eso precisamente llamo centrípeta, saldrían despedidos en líneas rectas con movimiento uniforme. Si en un proyectil desapareciese la fuerza de gravedad, no caería en la

tierra, sino que se dirgiría en línea recta hacia el firmamento, y si desapareciese la resistencia del aire, se dirgiría con movimiento uniforme. Es en virtud de la gravedad, que el proyectil abandona su movimiento rectilíneo y va torciendo su dirección continuamente hacia la tierra. La mayor o menor desviación de penderá de la gravedad y de la velocidad del movimiento. Cuanto mayor sea su gravedad según la cantidad de materia, o mayor la velocidad con la cual es arrojado, tanto menos se desviará de su curso rectilíneo y más lejos llegará. Si un globo de plomo fuese arrojado desde la cumbre de un monte con una velocidad determinada siguiendo una línea horizontal, llegaría en línea curva hasta una distancia de 2000 metros antes de caer en tierra; el mismo globo, con velocidad doble, llegaría casi el doble más lejos, y con una velocidad diez veces mayor, terminaría diez veces más lejos; contando con que no hubiese resistencia del aire. Así, pues, aumentando la velocidad, podría aumentarse al arbitrio la distancia a que llegaría, y, por consiguiente, disminuirse la curvatura de la línea que describiera, de tal manera que cayese a una distancia de diez, treinta o noventa grados. Podría, por fin, lograrse que diese la vuelta a toda la Tierra o que se dirigiese al Cielo, y que con este movimiento se prolongase hasta el infinito.

Por la misma razón por la cual el proyectil podría desviarse en su órbita en virtud de la gravedad y dar la vuelta a toda la Tierra, también la Luna mediante la fuerza de gravedad, si la tiene, u otra fuerza cualquiera por la cual tendiese hacia la Tierra, podría separarse de su curso rectilíneo en dirección a la Tierra y torcerse en su órbita. Sin dicha fuerza, la Luna no puede conservarse en su órbita. Ahora bien; esta fuerza bastaría que fuese algo menor para que no lograrse separar a la luna de su movimiento rectilíneo; y al contrario, si fuese un poco mayor, torcería la más de lo suficiente y la separaría de su inclinación hacia la Tierra.

Es preciso, por consiguiente, que dicha fuerza sea de una exacta magnitud. Propio de los matemáticos será encontrar la fuerza en virtud de la cual un cuerpo puede mantenerse con precisión en una órbita determinada y con una velocidad dada; y hallar asimismo el camino curvilíneo por el que se va desviando el cuerpo a partir de un determinado lugar y con una fuerza y velocidad dadas. Pues bien; la cantidad de esta fuerza centrípeta es de tres clases: absoluta, aceleratriz y motriz.

**DEFINICION SEXTA.** La cantidad absoluta de la fuerza centrípeta es la medida de la misma, mayor o menor según la

eficacia de la causa que la propaga desde el centro a través de los campos que le rodean.

Hay que decir de ésta, como de la fuerza magnética, que es mayor en un imán o menor en otro según la magnitud del imán o la intensidad de la fuerza.

**DEFINICION SEPTIMA:** La cantidad aceleratriz de la fuerza centrípeta es la medida de la misma, proporcional a la velocidad que produce en un tiempo determinado.

Es la misma que la fuerza del mismo imán, mayor en una distancia menor y menor en una mayor. O también como la fuerza de gravedad que es mayor en los valles y menor en las cumbres de los montes altos, y aun menor, como se verá después, en las distancias mayores del globo terráqueo; pero en todas partes la misma a iguales distancias, porque de igual modo acelera todos los cuerpos pesados graves o leves, grandes o pequeños, una vez quitada la resistencia del aire.

**DEFINICION OCTAVA.** La cantidad motriz de la fuerza centrípeta, es la medida de la misma, proporcional al movimiento que produce en un tiempo determinado.

Es esta fuerza como un peso mayor en un cuerpo mayor o un peso menor en un cuerpo menor; así como también en un mismo cuerpo es mayor cuanto más cerca está de la Tierra, y menor cuando está más lejos, en el cielo. Esta cantidad es la tendencia o propensión de todo el cuerpo hacia el centro; y es, por decirlo así, un peso. La conocemos siempre por medio de una fuerza contraria e igual a aquella que puede impedir el descenso del cuerpo.

Para abreviar, podemos llamar a estas cantidades de fuerzas, fuerzas motrices, aceleratrices y absolutas; y para distinguir las bien es lícito referirlas a los cuerpos que tienden al centro, a los lugares de los cuerpos y al centro de las fuerzas; a saber, la fuerza motriz hacia el cuerpo, como conato del todo hacia el centro, conato compuesto por la suma de los conatos de todas las partes, la fuerza aceleratriz hacia el lugar del cuerpo como una determinada eficiencia difundida en derredor desde el centro a los lugares particulares, con el fin de mover los cuerpos que están en ellos; y la fuerza absoluta hacia el centro como dotando éste de una casualidad, sin la cual las fuerzas motrices no se podrían propagar en derredor a través de los campos; sea esta causa un cuerpo central, como es el imán en el centro de la fuerza magnética, o la tierra en el centro de

la fuerza de gravedad, o alguna otra causa invisible. Este concepto es exclusivamente matemático; y por eso no trato de las causas y posiciones físicas de las fuerzas.

La fuerza aceleratriz se ha, pues, con respecto a la fuerza motriz, como la celeridad al movimiento. Porque la cantidad del movimiento nace de la celeridad de la misma materia y al mismo tiempo de su cantidad, puesto que la suma de acciones de la fuerza aceleratriz, en cada una de las partículas del cuerpo, es la fuerza motriz del todo. De donde se infiere que junto a la superficie de la tierra, donde la gravedad aceleratriz o fuerza de gravedad es la misma en todos los cuerpos, la gravedad motriz o peso es como el cuerpo; pero si se sube a regiones donde la gravedad aceleratriz es menor, el peso igualmente disminuirá, y siempre será como el cuerpo y la gravedad aceleratriz conjuntamente. Así, en las regiones donde la gravedad aceleratriz es menor del doble, el peso de un cuerpo dos o tres veces menor, será cuatro o seis veces menor.

Ahora bien, a las atracciones y a los impulsos los denomino con el mismo sentido aceleratrices y motrices. Las palabras "atracción", "impulso", o cualquier "tendencia" hacia el centro, las tomo indiferentemente y a veces unas por otras, con tal que se entienda que considero dichas fuerzas, no en sentido físico, sino matemático. Por consiguiente, guárdese el lector de creer que yo intento definir alguna vez por medio de estas palabras la clase o modo de acción, la causa o razón física, o también que quiero atribuir a los centros, que son puntos matemáticos algunas fuerzas en sentido físico y verdadero, cuando acaso digo que los centros atraen o que existen fuerzas de los centros.

#### ESCOLIO

Hasta aquí he explicado sobre algunas palabras menos conocidas, en qué sentido han de tomarse a continuación. No defino el tiempo, el espacio, el lugar y el movimiento, como términos menos conocidos por todos. No obstante, hay que notar que el vulgo no concibe estas cantidades de otra manera sino en relación con las cosas sensibles. Y ésta es la razón por la que nacen ciertos perjuicios, que para hacerlos desaparecer conviene distinguir aquellas en absolutas y relativas, verdaderas y aparentes, matemáticas y vulgares.

1.- El tiempo absoluto, verdadero y matemático en sí,

y según su naturaleza, no dice relación a ningún extremo, y corre de una manera igual; por otro nombre se llama "duración". En cambio, el tiempo relativo, aparente y vulgar, es toda medida sensible y externa de la duración por medio del movimiento (ya se trate de una medida exacta o desigual), la cual usa el vulgo en lugar del tiempo verdadero, como, por ejemplo, la hora, el día, el mes y el año.

2. El espacio absoluto, por su naturaleza, no dice ninguna relación a nada externo, sino que siempre permanece semejante e inmóvil. Por el contrario, el relativo es precisamente la medida de aquel espacio, es decir, toda dimensión móvil, que definen nuestros sentidos por su situación con respecto a los cuerpos, y que el vulgo toma por un espacio inmóvil; como, por ejemplo, la dimensión del espacio subterráneo, del aire o del cielo definida por su situación con relación a la Tierra. El espacio absoluto y el relativo son lo mismo en su esencia y magnitud; mas no siempre se identifican numéricamente. Porque si la Tierra, por ejemplo, se mueve, el espacio de nuestro aire, el cual no relación a la Tierra siempre es el mismo, unas veces será una parte del espacio absoluto por la cual atraviesa el aire, y otras será otra parte de dicho espacio absoluto; y de este modo cambiará en absoluto continuamente.

3. El lugar es una parte del espacio ocupado por un cuerpo, y puede ser, según la esencia del espacio, absoluto y relativo. Digo que es una parte del espacio, no un sitio del cuerpo ni una superficie lindante puesto que sólidos que son iguales, tienen siempre los lugares iguales; en cambio, las superficies por lo regular, son desiguales por la semejanza de sus figuras. Lo que llamamos sitios, propiamente hablando, no tienen cantidad, y más que lugares son relaciones o propiedades de los lugares. El movimiento del todo equivale a la suma de los movimientos de las partes; esto es, el traslado del todo de su lugar equivale a la suma de los traslados de las partes de sus lugares, y por esto, el lugar del todo equivale a la totalidad de los lugares de las partes, razón por la cual es interno y tiene lugar en todo el cuerpo.

4. El movimiento absoluto es la traslación de un cuerpo del lugar absoluto al lugar relativo, pero el relativo es el traslado de un cuerpo del lugar relativo a otro relativo. Así, por ejemplo, en una nave que es movida por las velas, el lugar relativo del cuerpo es aquella región ocupada por la nave, o sea, aquella parte de cavidad completa que llena el cuerpo, y que se mueve al mismo tiempo que la nave. La quietud relativa es la per-

manencia del cuerpo en aquella misma región o parte de la nave o cavidad. Sin embargo, el verdadero reposo es la permanencia del cuerpo en la misma parte de aquel espacio inmóvil en la que la nave misma se mueve junto con su cavidad y todo su contenido. Por tanto, si la Tierra, en realidad, estuviese quieta, el cuerpo que relativamente descansa en la nave, se moverá verdadera y absolutamente con aquella velocidad con que se mueve la nave en la Tierra. Pero si la Tierra también se mueve, tendremos entonces el movimiento verdadero y absoluto del cuerpo: en parte, por el movimiento verdadero de la Tierra, en un espacio inmóvil, y en parte, por el movimiento relativo de la nave, en la tierra. Aún más: si un cuerpo se moviese relativamente dentro de la nave, se tendría su verdadero movimiento: en parte, por el movimiento verdadero de la Tierra en un espacio inmóvil y en parte por los movimientos relativos de la nave en la Tierra y del cuerpo en la nave. De estos movimientos relativos surgirá el movimiento relativo del cuerpo en la Tierra.

Es como si aquella parte de la Tierra donde se encuentra la nave se moviese verdaderamente hacia Oriente con una velocidad de 10 010 partes, la nave llevada por las velas y el viento se dirigiese hacia Occidente con una velocidad de 10 partes, y el piloto anduviese dentro de la nave hacia Oriente con sola una parte de la velocidad; resultaría entonces que el piloto se movería verdadera y absolutamente en un espacio inmóvil con una velocidad de 10 001 hacia Oriente, y relativamente en la Tierra hacia Occidente con una velocidad de diez.

En Astronomía el tiempo absoluto se distingue del relativo mediante una relación de igualdad con el tiempo del vulgo. Porque como los días naturales son desiguales, aunque el vulgo los considere iguales según la medida del tiempo, los astrónomos corrigen dicha desigualdad con el fin de poder medir con un tiempo más verdadero los movimientos celestes. Posible es que no se dé ningún movimiento de igualdad por el cual se pueda medir exactamente el tiempo. Todos los movimientos pueden acelerarse y retardarse, pero el correr del tiempo absoluto no puede cambiarse. La duración o perseverancia de la existencia de las cosas es siempre la misma, ya sean los movimientos acelerados, retardados o nulos; por tanto, dicha duración con razón se distingue por medio de sus medidas sensibles, y por éstas se infiere mediante la igualdad astronómica. Se confirma la necesidad de esta igualdad en determinados fenómenos o bien por el experimento del reloj oscilatorio, o bien por los eclipses de los satélites de Júpiter.

Así como el orden de las partes del tiempo es inmutable, así también lo es el orden de las partes del espacio. Si éstas se mueven de sus lugares, se moverán, por decirlo así, de sí mismos, puesto que los tiempos y los espacios son como los lugares de sí mismos y de todas las cosas. Todas las cosas se localizan en el tiempo en cuanto al orden de la sucesión, en el espacio en cuanto al orden del sitio. Esencia de ellas es que son lugares, mas es absurdo que se muevan los lugares primarios; por consiguiente, éstos son lugares absolutos, y solamente las traslaciones de estos lugares son movimientos absolutos.

Sin embargo, puesto que estas partes del espacio no pueden verse, si bien las distingamos mediante nuestros sentidos, en lugar de ellas empleamos medidas sensibles. Pues es cierto que definimos los lugares todos por las posiciones y distancias de las cosas con relación a un cuerpo, que consideramos como inmóvil; luego también apreciamos todos los movimientos con referencia a dichos lugares, por cuanto concebimos que los cuerpos parten en sus traslaciones de aquellos lugares. De este modo, en lugar de lugares y movimientos absolutos, usamos los relativos, lo cual se acomoda a nuestro modo de comportarnos en la vida; no es así en las ciencias filosóficas en las que es preciso abstraer de los sentidos. Podría suceder que en realidad no esté en reposo ningún cuerpo al que se refieren los lugares y los movimientos.

El reposo y los movimientos absolutos y relativos se distinguen entre sí por medio de sus propiedades, de sus causas y de sus efectos.

A. Propiedad del reposo es que los cuerpos que están verdaderamente en quietud, están en reposo entre sí; y por esta razón, como es posible que haya un cuerpo que esté en reposo absoluto en la región de las estrellas fijas o más allá, y, por otra parte, no puede saberse por el sitio que ocupan los cuerpos entre sí en nuestra región de la Tierra, si efectivamente alguno de ellos conserva o no su posición con respecto a aquel cuerpo lejano, por eso no puede definirse el reposo verdadero mediante el sitio de dichos cuerpos entre sí.

Es propiedad del movimiento que las partes que conservan determinadas posiciones con respecto a un todo participen del movimiento de éste. Porque todas las partes de los cuerpos que giran, intentan separarse del eje del movimiento, y el ímpetu de los cuerpos que se mueven en línea recta nace del ímpetu total de cada una de las partes. Por consiguiente, una vez movidos los cuerpos lindantes, se mueven también aquellos

que están en reposo relativo en dichos cuerpos. Por eso, el movimiento verdadero y absoluto no se puede definir por traslación desde la proximidad de los cuerpos que se consideran como en reposo, ya que los cuerpos externos deben considerarse no sólo como si estuviesen en reposo, sino como lo son en verdad en reposo. De lo contrario, todos los cuerpos incluidos, además de la traslación de la proximidad de los cuerpos lindantes, participarán también de los movimientos verdaderos de los mismos; y desaparecida dicha traslación, no estarán en realidad en reposo, sino que se les considerará solamente como cuerpos en reposo. La relación que existe entre los cuerpos lindantes y los incluidos es como la de la parte exterior del todo a la parte interior, o como la corteza al núcleo. Una vez movida la corteza, se mueve también el núcleo como parte que es del todo y sin necesidad de ninguna traslación de la proximidad de la corteza.

A la anterior propiedad es a fin la siguiente, a saber: que movido el lugar, se mueve al mismo tiempo el cuerpo que lo ocupa; y por esto, el cuerpo que se mueve del lugar movido participa también del movimiento de su lugar. Por tanto, todos los movimientos que resultan de los lugares movidos, son solamente partes de los movimientos íntegros y absolutos. Ahora bien, todo movimiento íntegro se compone del movimiento del cuerpo de su primer lugar, y del movimiento de este lugar de su propio lugar, y así sucesivamente hasta llegar al movimiento inmóvil, como en el ejemplo del piloto expuesto antes. Por consiguiente, los movimientos íntegros y absolutos no pueden definirse sino mediante los lugares inmóviles, y por esta razón los referí anteriormente a los lugares inmutables, como los relativos a los móviles. Ahora bien, lugares inmutables son todos aquellos que conservan entre sí de infinito a infinito sus respectivas posiciones, y de este modo siempre permanecen inmóviles, constituyendo un espacio que llamo inmóvil.

B. Las causas por las cuales se distinguen entre sí los movimientos verdaderos y relativos son unas fuerzas impresas en los cuerpos para producir el movimiento. El movimiento verdadero ni se produce ni cambia, sino en virtud de las fuerzas impresas en el mismo cuerpo movido; pero el movimiento relativo puede producirse y cambiar sin necesidad de las fuerzas impresas en dicho cuerpo. Porque basta que se imprima solamente en los otros cuerpos con los que se relaciona, para que una vez cambiado dichos cuerpos, cambie aquella relación en la cual consiste el reposo de un cuerpo o su movimiento relativo.

Además, el movimiento relativo siempre cambia en virtud

de las fuerzas impresas en el cuerpo movido, pero estas fuerzas no influyen necesariamente en el cambio del movimiento relativo, dado que si las mismas fuerzas se imprimen también en otros cuerpos con los que se relacionan de tal manera que se conserva el sitio relativo, en este caso se conservará la relación en la que consiste el movimiento relativo. Por lo tanto, todo movimiento relativo puede cambiarse cuando el verdadero se conserva, y viceversa, conservarse cuando el verdadero cambia, y por esta razón el movimiento verdadero no consiste en las mencionadas relaciones.

C. Los efectos por los cuales se distinguen entre sí los movimientos absolutos y relativos son unas fuerzas para separarse del eje del movimiento circular. En efecto, en el movimiento circular completamente relativo dichas fuerzas son nulas, pero en el verdadero y absoluto son mayores o menores, según la cantidad del movimiento.

Si, por ejemplo, se suspende un vaso de un hilo muy largo y se le hace que esté continuamente dando vueltas hasta que el hilo se ponga muy terso por la contorsión, y luego se llena de agua y se le deja en reposo juntamente con el agua; si entonces una fuerza subitánea actúa con movimiento contrario en la revolución y poco a poco el hilo se va relajando, perseverando en este movimiento largo tiempo, resultará que la superficie del agua será plana al principio como antes del movimiento del vaso, pero después que el vaso, en virtud de una fuerza poco a poco impresa en el agua, hace que ésta también comience sensiblemente a revolverse, se separará poco a poco del medio, subirá por las paredes del vaso, tomando una figura cóncava (como yo mismo lo he experimentado), y con un movimiento cada vez más acentuado subirá más y más, hasta que las revoluciones actuando en tiempos iguales con el vaso, quede en él con reposo relativo. Este ascenso indica un conato de separación del eje del movimiento, y mediante tal conato se conoce y puede medirse el movimiento circular verdadero y absoluto del agua, enteramente contrario al movimiento relativo.

Al principio, cuando el movimiento relativo en el vaso era máximo, dicho movimiento no producía ningún conato para separarse del eje; el agua no tendía a formar una circunferencia subiendo por las paredes del vaso, sino que permanecía plana, y por eso aún no había comenzado el verdadero movimiento circular del agua. Más después, cuando empezó a decrecer el movimiento relativo del agua, la subida de ésta por las paredes del vaso signifi-

caba un conato para separarse del eje, y este conato indicaba su verdadero movimiento circular continuamente creciente, con vertido en máximo, cuando quedaba en el vaso en reposo relativo. Por esta razón, dicho conato no depende de la traslación del agua respecto a los cuerpos lindantes, y, por consiguiente, el verdadero movimiento circular no puede definirse mediante ta les traslaciones.

Unico es, pues, el movimiento verdaderamente circular de todo cuerpo en revolución y responde a un conato único como a un efecto propio y adecuado; pero los movimientos relativos son innumerables, según la variedad de relaciones con los cuerpos externos, y a manera de relaciones son desprovistos por completo de los verdaderos efectos, a no ser que participen de aquel verdadero y único movimiento. Por eso, en el sistema de aquellos que afirman que nuestro cielo se mueve en un plano inferior al de las estrellas fijas y arrastra consigo los planetas, cada una de las partes del cielo y los planetas, los cuales est tan en reposo relativo en sus próximos cielos, se mueven en realidad, puesto que cambian sus posiciones entre sí (de otro modo a como sucede en los cuerpos que verdaderamente están en reposo) y arrastrados juntamente con los cielos, participan de sus movimientos, y como elementos parciales del todo que se mueve en revolución, intentan separarse de sus ejes.

Las cantidades relativas no son, por tanto, aquellas que llevan sus mismos nombres, sino las medidas sensibles (verdaderas o erróneas) que el vulgo emplea en lugar de las can tidades medidas.

Pero si es preciso definir los significados de las pa labras según el uso, habrá que entender propiamente por los vo cablos tiempo, espacio, lugar y movimiento dichas medidas sen sibles; será, por tanto, un modo de hablar insólito y puramente matemático entenderlos como cantidades medidas. Por consi guiente, quienes interpretan estas palabras en la Sagrada Esc rita en el sentido de cantidades medidas, atentan contra ella. Y no menos perjudican a las temáticas y a la Filosofía aquellos que confunden las cantidades verdaderas con sus relaciones y medidas vulgares.

Es ciertamente muy difícil conocer los movimientos verdaderos de cada uno de los cuerpos y distinguirlos en el acto de los aparentes, ya que las partes de aquel espacio inóvil en el que los cuerpos se mueven realmente, no se manifiestan a los sentidos. No obstante, la causa no es del todo des

esperada, porque los argumentos pueden tomarse: en parte, de los movimientos aparentes que son diferencias de los movimientos ver daderos, y en parte, de las fuerzas que son, causas y efectos de los movimientos verdaderos.

Si, por ejemplo, dos globos, unidos mediante un hilo a una determinada distancia, girasen alrededor de un centro común de gravedad, se conocería por la tensión del hilo el contacto de los globos para apartarse del eje del movimiento, y por ello po dría computarse la cantidad del movimiento circular. Si luego se imprimiesen al mismo tiempo cualesquiera fuerzas iguales en las caras de ambos globos para aumentar o disminuir el movimiento, se sabría por la tensión aumentada o disminuída del hilo, el aumento o disminución del movimiento, y de ahí que, finalmente podrían hallarse las caras de los globos en las cuales deberían imprimirse las fuerzas para que el movimiento aumentase grande mente, esto es, las caras posteriores que siguen en movimiento circular.

Conocidas las caras que siguen y las caras opuestas que proceden se conocería la determinación del movimiento. De esta manera podrían hallarse la cantidad y la determinación de este movimiento circular en cualquier vacío inmenso donde no existiese nada externo ni sensible, con lo que pudiesen trasla darse los globos. Si en aquel espacio se colocan algunos cuer pos lejanos guardando entre sí una posición determinada, como son las estrellas fijas del cielo, no podría ya saberse por la tras lación relativa de los globos entre los cuerpos, si habría que atri buir el movimiento a estos o a aquellos cuerpos. Pero si nos fijamos en el hilo y nos damos cuenta de que su tensión es la misma que requeriría el movimiento de los globos, sería lícito concluir el movimiento es de los globos y que los cuerpos están en reposo; y deduciríamos, por fin, la determinación de este mo vimiento de la traslación de los globos entre los cuerpos.

A continuación enseñaré más extensamente a deducir los movimientos verdaderos por medio de sus causas, efectos y dife rencias aparentes, y viceversa, pero los movimientos, verdaderos o aparentes, sus causas y efectos. A este fin escribo el trata do siguiente (Axiomas o leyes del movimiento).

REGLAS DE RAZONAMIENTO EN FILOSOFIA

REGLA I.-No hemos de admitir más causas de las cosas naturales que las que sean a la vez verdaderas y suficientes para explicar sus apariencias.

Con este fin los filósofos dicen que la naturaleza no hace nada en vano, y más vana es una cosa cuanto menos sirve; pues la naturaleza se complace en la simplicidad, y no afecta la pompa de las causas superfluas.

REGLA II.-Por lo tanto, para los mismos efectos naturales, debemos asignar, hasta donde sea posible, las mismas causas.

Como para la respiración en el hombre y en un animal; la caída de las piedras en Europa y en América; la luz de nuestro fuego culinario y del sol; la reflexión de la luz en la tierra y en los planetas.

REGLA III.-Las cualidades de los cuerpos que no admiten intensificación ni remisión de grados, y que según se descubre pertenecen a todos los cuerpos que están bajo el alcance de nuestros experimentos, han de ser estimadas como cualidades universales de cualesquiera cuerpos.

Pues como las cualidades de los cuerpos sólo nos son conocidas por experimentos, hemos de tomar por universales todas las que universalmente concuerdan con los experimentos; y las que no están sujetas a disminución nunca pueden ser quitadas del todo. Ciertamente no hemos de abandonar el testimonio de los experimentos en beneficio de sueños y ficciones vanas, forjadas por nosotros; ni hemos de alejarnos de la analogía de la naturaleza, que suele ser simple y siempre concorde consigo misma. No de otro modo conocemos la extensión de los cuerpos que por nuestros sentidos, y éstos no alcanzan a comprobarla en todos los cuerpos; pero como percibimos la extensión en todos los que son sensibles, la atribuimos universalmente también a todos los otros. La abundancia de cuerpos que son duros nos es enseñada por la experiencia; y como la dureza del todo proviene de la dureza de las partes, inferimos justamente la dureza de las partículas universales, no solamente de los cuerpos que sentimos, sino de todos los demás. Que todos los cuerpos son impenetrables no lo deducimos de la razón, sino de la sensación.

Los cuerpos que manejamos los encontramos impenetrables, y de ahí concluimos que la impenetrabilidad es propiedad universal de todos los cuerpos cualesquiera. Que todos los cuerpos son móviles y dotados de ciertos poderes (que llamamos los *vires inertiae*) o sea de perseverar en su movimiento o en su reposo, solamente lo inferimos de las propiedades semejantes observadas en los cuerpos que hemos visto. La extensión, dureza, impenetrabilidad, movilidad y *vires inertiae*, de las partes; y de ahí concluimos que las últimas partículas de todos los cuerpos son también extensas, y duras e impenetrables y móviles y dotadas de su propia *vis inertiae*. Y este es el fundamento de toda la filosofía. Además, que las partes divididas pero contiguas de los cuerpos pueden separarse unas de otras es cosa de observación; y en las partículas que permanecen indivisas nuestra mente puede distinguir todavía partes menores, como se demuestra matemáticamente. Pero que las partes distinguidas así y aun no divididas pueda, por el poder de la naturaleza, ser realmente divididas y separadas unas de otras, no podemos determinarlo con certeza. Sin embargo si tuviéramos la prueba por un solo experimento de que cualquier partícula indivisa, al romperse un cuerpo duro y sólido, sufriese una división, podríamos en virtud de esta regla concluir que las partículas indivisas tanto como las divididas pueden ser divididas y realmente separadas hasta el infinito.

Por último, si aparece universalmente, por experimentos y observaciones astronómicas, que todos los cuerpos, cerca de la tierra gravitan hacia la tierra; y ello, en proporción con la cantidad de materia que contienen; que del mismo modo la luna, según la cantidad de su materia, gravita hacia la tierra; que en cambio nuestro mar gravita hacia la luna; y todos los planetas mutuamente unos hacia otros, y los cometas del mismo modo, hacia el sol, debemos, a consecuencia de esta regla, reconocer universalmente que todos los cuerpos cualesquiera están dotados de un principio de gravitación mutua. Pues el argumento tomado de la experiencia concluye con más fuerza en favor de la gravitación universal de todos los cuerpos que de su impenetrabilidad; de lo cual no tenemos experimento en las regiones celestes, ni manera alguna de observarlo. No quiero con esto afirmar que la gravedad sea esencial a los cuerpos; por su *vis inertiae* no significa nada más que su *vis inertiae*. Esta es inmutable. Su gravedad disminuye a medida que se alejan de la tierra.

Regla IV.-En filosofía experimental hemos de considerar las proposiciones reunidas por inducción general de los fenómenos como exactamente o casi exactamente verdaderas, a pesar de cualesquiera hipótesis contrarias que puedan imaginarse, hasta que se presenten otros fenómenos, por los cuales se las puede hacer, o más exactas, o sujetas a excepciones.

Esta regla debemos seguir: que el argumento de inducción no puede ser evadido mediante hipótesis (\*)

\* "Con respecto a la ley de gravitación. Hasta ahora hemos explicado los fenómenos de los cielos y de nuestro mar por el poder de la gravedad, pero no hemos asignado la causa de ese poder. Es seguro que debe provenir de una causa que penetra hasta los mismos centros del sol y los planetas, sin sufrir la menor disminución de su fuerza; que opera no de acuerdo con la cantidad de las superficies de las partículas sobre las que obra (como suelen hacerlo las causas mecánicas) sino de acuerdo con la cantidad de materia sólida que contienen, y propaga su virtud en todas direcciones hasta inmensas distancias, disminuyendo siempre en la doble proporción de las distancias. La gravitación hacia el sol está formada de las gravitaciones hacia las diversas partículas de que está compuesto el cuerpo del sol; y al retroceder desde el sol disminuye exactamente en la doble proporción de las distancias, hasta la lejana órbita de Saturno, como aparece evidentemente por la quiescencia de los afelios de los planetas; más aún, hasta los remotísimos afelios de los cometas, si estos afelios son también en reposo. Pero hasta ahora no he podido descubrir la causa de estas propiedades de la gravedad, tomándola de los fenómenos, y no formularé hipótesis; pues todo lo que no es deducido de los fenómenos ha de llamarse hipótesis; y las hipótesis, sean metafísicas o físicas, sean de cualidades ocultas o mecánicas, no tienen lugar en la filosofía experimental. En esta filosofía las proposiciones particulares son inferidas de los fenómenos y luego se las hace generales por inducción. Así fué como se descubrieron la impenetrabilidad, la movilidad y la fuerza impulsiva de los cuerpos y las leyes del movimiento y la gravitación. Y para nosotros basta saber que la gravedad existe realmente y obra de acuerdo con las leyes que hemos explicado, y sirve abundantemente para explicar todos los movimientos de los cuerpos celestes y de nuestro mar."

LIBRO TERCERO

Escolio general.

Los seis planetas primarios giran alrededor del sol en círculos concéntricos con el mismo, y con movimientos que se dirigen a las mismas partes y casi en el mismo plano. Alrededor

de la tierra, de Júpiter y de Saturno dan vuelta diez lunas, en círculos concéntricos con ellos, en la misma dirección, y casi en los mismos planos de las órbitas de esos planetas; pero no ha de concebirse que causas meramente mecánicas pudieran dar origen a tantos movimientos regulares, puesto que los cometas llegan a todas partes de los cielos en órbitas muy exentrícas; pues por esa clase de movimiento pasan fácilmente a través de las órbitas de los planetas, y con gran rapidez; y en sus afelios, cuando se mueven más lentamente y se detienen más tiempo, retroceden a las mayores distancias unos de otros, y por eso sufren menos perturbaciones de su atracción mutua. Este hermosísimo sistema del sol, los planetas y los cometas sólo pudo provenir del consejo y dominio de un Ser inteligente y poderoso. Y si las estrellas fijas son el centro de otros sistemas semejantes, éstos, formados por el mismo consejo sabio, deben estar sujetos al dominio de Uno; especialmente porque la luz de las estrellas fijas es de la misma naturaleza que la luz del sol; y desde cada sistema la luz pasa a todos los otros sistemas: y para que los sistemas de estrellas fijas, por su mutua gravitación, no caigan unos contra otros, los ha colocado a inmensas distancias entre sí.

Este Ser gobierna todas las cosas, no como alma del mundo sino como señor de todo; y debido a su dominio suelen llamarle Señor Dios.

Dominador Universal, porque Dios es palabra relativa y se refiere a los servidores; y Deidad es el dominio de Dios, no sobre su cuerpo, como imaginan los que suponen a Dios alma del mundo, sino sobre servidores. El Dios supremo es un Ser eterno, infinito, absolutamente perfecto; pero un ser, por muy perfecto que sea, sin dominio, no puede ser llamado Señor Dios; por lo que decimos: mi Dios, tu Dios, el Dios de Israel, el Dios de los dioses, y el Señor de los señores; pero no decimos: mi Eterno, tu Eterno, el Eterno de Israel, el Eterno de los dioses; no decimos: mi Infinito o mi Perfecto; éstos son títulos que no se refieren a servidores. La palabra Dios significa habitualmente Señor; pero no todo señor es un dios. Es el dominio de un ser espiritual lo que constituye a un dios: un dominio verdadero, supremo, o imaginario constituye un Dios verdadero, supremo o imaginario. Y de su verdadero dominio se sigue que el verdadero Dios es un Ser amante, inteligente y poderoso; y de sus otras perfecciones, que es supremo, o perfectísimo. Es eterno e infinito, omnipotente y omnisciente; es decir, sus duraciones abarcan de eternidad a eternidad; su presencia de infinidad a infinidad; gobierna todas las cosas, sabe todas las cosas que

son o pueden ser. No es eternidad o infinidad, sino eterno e in finito; no es duración o espacio, pero dura y está presente. Du ra por siempre y está dondequiera presente; y existiendo siempre y y dondequiera, él constituye la duración y el espacio. Como toda partícula de espacio es siempre, y todo momento indivisible de du ración está dondequiera, ciertamente el Hacedor y Señor de todas las cosas que no puede ser nunca y ninguna parte. Toda alma que tiene percepción es, aunque en tiempos diferentes y con órga nos diferentes del sentido y del movimiento, siempre la misma per sona indivisible. Hay sucesivas partes dadas en la duración, partes coexistentes en el espacio, pero ni unas ni otras es la persona de un hombre o su principio pensante; y mucho menos pueden encontrarse en la substancia pensante de Dios. Todo hombre, en cuanto es una cosa que tiene percepciones, es uno y el mismo hombre durante toda su vida, en todos y cada uno de sus órganos de los sentidos. Dios es el mismo Dios, siempre y y dondequiera. Es omnipresente, no solo virtualmente, sino subs tancialmente también; porque la virtud no puede subsistir sin substancia. En él están todas las cosas contenidas y movidas. En él se contienen y se mueven todas las cosas; sin embargo, lo uno no afecta a lo otro: Dios no sufre nada del movimiento de los cuerpos; y los cuerpos no hallan resistencia por la omni presencia de Dios. Todos conceden que el Dios supremo existe necesariamente; y por la misma necesidad existe siempre y don dequiera. De ahí también surge que es todo semejante, todo ojos, todo oídos, todo seso y todo brazo, todo poder para per cibir, para entender y obrar; pero de ningún modo a la manera humana, de ningún modo a la manera corporal, sino de una ma nera absolutamente desconocida para nosotros. Así como el cie go no tiene idea de los colores, así no tenemos idea de la ma nera en que el Dios omnisciente percibe y entiende las cosas. Está totalmente desprovisto de cuerpo y figura corporal, y por ende no se le puede ver, ni oír ni tocar, ni se le debería adorar bajo la representación de ninguna cosa corpórea. Tenemos idea de sus atributos, pero no sabemos cuál es la substancia real de ninguna cosa. En los cuerpos vemos solamente sus figuras y colores, oímos solamente los sonidos, tocamos solamente sus superficies exteriores, olemos solamente los olores, y probados solamente los sabores; pero sus substancias íntimas no nos son conocidas por nuestros sentidos ni por ningún acto reflejo de nuestras mentes: mucho menos tendremos idea de la substancia de Dios. Le conocemos solamente por sus sapientísimas disposiciones de cosas y causas finales; le admiramos por sus perfec ciones; pero le reverenciamos y adoramos sólo por su dominio: porque le admiramos como sus siervos; y un dios sin dominio

providencia y causas finales no es nada más que Destino y Na turaleza. La ciega necesidad metafísica, que ciertamente es la misma siempre y en todas partes, no podría producir ninguna variedad de cosas. Toda esa diversidad de cosas naturales que encontramos adecuada a diferentes tiempos y lugares no podría surgir de nada sino de las ideas y voluntad de un Ser necesaria mente existente. Pero alegóricamente, se dice que Dios ve, ha bla, ríe, ama, odia, desea, dá, recibe, se alegra, se enoja, lucha, forja, trabaja, construye; porque todas nuestras nociones de Dios son tomadas de los procedimientos del género humano, por cierta semejanza que, aunque no perfecta, tiene algún pare cido. Y esto baste en cuanto a Dios; que tratar de él de acuer do con las apartencias de las cosas no pertenece por cierto a la filosofía natural.

Tema D: Una nueva concepción de la naturaleza.

Rene Descartes (1596-1650)\*

René Descartes tenía cuarenta y un años cuando apareció el Discurso del método, que era su primera publicación, pero no su primer escrito. Había nacido el 31 de marzo de 1596 en La Haya, aldea de la Turena, hijo tercero de una familia acomodada. Su padre fue consejero del Parlamento de Rennes y su madre era hija del teniente general de Poitiers.

Poco se sabe de la infancia de Descartes, y de lo que se sabe, quizá nada de lo acontecido antes de su ingreso al colegio de La Fleche tenga importancia para la comprensión de sus ideas. Se cuenta que su padre le llamaba "el filósofo", debido a su pasión por la búsqueda de la verdad. Su educación, en cambio, arroja viva luz sobre su concepción filosófica, pues, como veremos, en La Fleche se familiariza con las doctrinas de Aristóteles y Santo Tomás, a quienes combatirá, sin lograr desprenderse enteramente de su enseñanza.

Descartes ingresa al colegio de La Fleche en 1606 y permanece en él hasta 1614. Este colegio, llamado Enrique IV, había sido fundado por los jesuitas en 1604. El curso de filosofía, que siguió Descartes, duraba tres años y en él se estudiaba lógica, física, metafísica y matemáticas.

Descartes no recibió en La Fleche ninguna de las ideas o inquietudes que comenzaban a agitar a los tiempos modernos: Aristóteles y Santo Tomás representaban la verdad para sus profesores. Quizá a ello se deba la escasez de referencia a la obra de sus contemporáneos.

Poco tiempo después de salir de La Fleche aprueba

\* Esta introducción y selección ha sido tomada de René Descartes. Discurso del método. Traducción, estudio preliminar y notas de Risieri Frondizi. Madrid: Revista de Occidente, Ediciones de la Universidad de Puerto Rico. 1954. Pp. LXI-LXII, LXIII-LXVIII, 3-5, 7-23, 35-45, 63-91, 121-157. D. R. Copyright (c) 1954 by Ediciones de la Universidad de Puerto Rico. Reproducida con permiso de los editores.

Descartes su licenciatura en derecho en la Universidad de Poitiers (1616) y, sin preocupaciones de orden económico, se decide, como él mismo nos cuenta en el Discurso a emplear el resto de su juventud "en viajar, ver cortes y ejércitos". Se alistó en 1618 en el ejército del príncipe Mauricio de Nassau, gobernador de los Países Bajos, que, aliados entonces de Francia, luchaban contra los españoles. Conoció en esa época a un sabio holandés, Isaac Beeckman, quien le inició en el estudio de las ciencias especulativas y en particular de la física-matemática y la geometría en momentos en que Descartes parecía interesarse por las ciencias aplicadas. Al año siguiente (1619) deja el ejército del príncipe de Nassau, asiste en Frankfurt a la coronación del Emperador Fernando II y se alista en el ejército de Maximiliano de Baviera, que luchaba contra el Rey de Bohemia.

Entonces fue cuando le sorprendió el invierno en Neuburg, una aldea alemana en las cercanías de la ciudad de Ulm. Allí "pasaba todo el día solo y encerrado, junto a una estufa, con toda la tranquilidad necesaria para entregarme por entero a mis pensamientos". En ese ambiente, propicio a la meditación, volvió Descartes a plantearse algunos problemas de geometría y la solución lograda llegó a inducirle a buscar un método general para resolver cualquier problema de geometría que se le presentase. Pronto amplió tan ambicioso plan al concebir la posibilidad de encontrar un método para el descubrimiento de la verdad en cualquier rama de la ciencia. Tal cosa es lo que cree haber descubierto en una fría noche de aquel invierno. Se sabe la fecha exacta porque un manuscrito suyo lleva de puño y letra un encabezamiento en latín que dice así: "10 de noviembre de 1619, cuando, lleno de entusiasmo, describí los fundamentos de una ciencia admirable".

Se apodera entonces de Descartes una especie de entusiasmo místico, como si el descubrimiento le hubiera salvado de una crisis espiritual, y, al mismo tiempo, hubiera cargado sobre él una grave responsabilidad.

Desde 1619 a 1628 Descartes se dedica a viajar. De 1623 a 1625 estuvo en Italia, y en 1626 volvió a París, donde permaneció hasta 1628, dedicado al estudio de la matemática, la dióptrica y los problemas metodológicos. Se cree que fue entonces cuando compuso las Reglas para la dirección del espíritu.

Tuvo un último contacto con la vida agitada al participar

en el sitio de La Rochelle en 1628, para retirarse, a fines de ese año, a Holanda, en busca de tranquilidad para sus meditaciones. Con excepción de cortos viajes, Descartes permanece en Holanda durante veinte años, si bien cambia de casa veinti- cuatro veces a fin de no renunciar a la tranquilidad.

Su permanencia en Holanda se interrumpió con un viaje a Inglaterra, un viaje a Dinamarca y tres visitas a Francia, en 1644, 1647 y 1648. El primer trabajo de consideración que Descartes escribió en Holanda fue una cosmología que tituló Le Monde, ou Traité de la lumière (El mundo, o Tratado sobre la luz). Se disponía a publicarlo cuando el Santo Oficio condenó a Galileo (1633) por haber sostenido la tesis del movimiento de la tierra. Temeroso de un conflicto con la Iglesia que perturbara su anhelada paz, Descartes decidió suspender la publicación. El tratado quedó entre los papeles de Descartes y se publicó, después de su muerte, en 1654.

No abandonó por eso Descartes la idea de dar a conocer sus trabajos de física, y en 1637 aparecen, en forma anónima, tres ensayos, titulados La dióptrica, los meteoros y la geometría. Los tres ensayos iban precedidos del presente Discurso del método.

Dedicó los años siguientes a poner término a sus Meditaciones metafísicas, que había comenzado mucho antes, y que escribió en latín. El Discurso, en cambio, no escribió originalmente en francés. Las Meditaciones de prima philosophia aparecieron conjuntamente con las objeciones y las respuestas de Descartes, el año de 1641, en París.

Poco después de la publicación del Discurso se iniciaron, a un mismo tiempo, una fuerte corriente de simpatía por las nuevas ideas y una reacción, que creció en violencia con el correr del tiempo. La publicación de las Meditaciones metafísicas agravó la situación, pues la novedad de la concepción filosófica aparecía aquí con mayor claridad. Algunos profesores de universidades holandesas introdujeron las nuevas ideas en la cátedra y provocaron una reacción violenta. La tempestad que entonces se inició no se acalló sino hasta bien entrada la Edad Moderna, cuando las ideas cartesianas se incorporaron al patrimonio cultural de Europa.

Poco después de la primera, apareció en Amsterdam una segunda edición de las Meditaciones metafísicas, y más tarde la traducción al francés. A pesar de sus deseos de pa-

sar una vida tranquila, dedicada por entero a la meditación, Descartes no puede menos que continuar sus investigaciones, y a la obra antes citada le suceden Los principios de la filosofía, publicada en lengua latina en Amsterdam el año de 1644, y luego en París, el año 1647, en traducción francesa revisada por el propio Descartes. La versión francesa trae, a manera de prólogo, una importante "carta del autor al traductor".

Mientras Descartes se entregaba por entero a sus meditaciones y estudios, aumentaba la pasión en la defensa y el ataque de sus ideas. Mas poderoso éste que aquélla, el sereno retiro holandés llegó a convertirse en lugar desagradable para un alma amante de la tranquilidad y la meditación. En tales circunstancias le llegó una oferta seductora. La reina Cristina de Suecia, mujer inquieta y de gran amplitud espiritual, se había interesado por Descartes a través del embajador francés en Suecia, Chanut, amigo del filósofo. La reina, deseosa de tener en su corte al más grande hombre de la época, logró, después de no pocas resistencias de Descartes, que éste aceptara su invitación. No sin antes exigir toda clase de garantías sobre su independencia intelectual y personal, marchó Descartes a Estocolmo en los comienzos de Octubre de 1649. Pero no pudo resistir los rigores del clima nórdico y enfermó de pulmonía meses después, el 2 de febrero de 1650. El 11 de febrero fallecía el más grande filósofo francés, cuando aún no contaba cincuenta y cuatro años de edad. Enterrados primero en el cementerio de Estocolmo, sus restos fueron llevados en 1666 a París, y sepultados más tarde en Santa Genoveva. Desde el 18 de febrero de 1819 descansan en la Iglesia Saint-Germain-des-Prés. La reacción no le perdonó, ni aún después de su muerte, por las ideas que había lanzado al mundo: una orden de Luis XIV, fechada el 23 de junio de 1667, prohibió al canciller de la Universidad que pronunciara la oración fúnebre que había preparado con motivo del traslado de los restos. Años antes, en 1663, la Congregación del Índice había condenado las Meditaciones metafísicas.

Descartes: DISCURSO DEL METODO  
El buen sentido es la cosa que mejor repartida está en el mundo, pues todos juzgan que poseen tan buena provisión de él que aun los más difíciles de contentar en otras materias no suelen apeteer más del que ya tienen. En lo cual no es verdad, sino más bien esto demuestra que la facultad de juzgar bien y de distinguir lo verdadero de lo falso, que es propiamente lo que llamamos buen sentido o razón, es por naturaleza igual en todos los hombres; y, por lo tanto, que la diversidad de nuestras opiniones no procede de que unos sean más racionales que otros, sino tan sólo de que dirigimos nuestros pensamientos por caminos distintos y no consideramos las mismas cosas. No basta, ciertamente, tener un buen entendimiento: lo principal es aplicarlo bien. Las almas más grandes son capaces de los mayores vicios, como de las mayores virtudes; y los que caminan lentamente pueden llegar mucho más lejos, si van siempre por el camino recto, que los que corren, pero se apartan de él.  
Pero sin temor, puedo decir que pienso que ha sido gran fortuna para mí haberme hallado desde joven en ciertos caminos que me han conducido a consideraciones y máximas con las cuales he formado un método, que parece haberme dado un medio para aumentar gradualmente mi conocimiento y elevarlo poco a poco hasta el punto más alto, a que la mediocridad de mi espíritu y la brevedad de mi vida puedan permitirle llegar. Pues tales frutos he recogido ya de este método, que si bien al juzgarme procuro siempre inclinarme más bien del lado de la desconfianza que del de la presunción, y al mirar con ánimo filosófico las distintas acciones y empresas de los hombres, no hallo casi ninguna que no me parezca vana e inútil, no deja con todo de satisfacerme el progreso que pienso haber hecho en la investigación de la verdad y concibo ciertas esperanzas para el porvenir que si entre las ocupaciones de los hombres, verdaderamente tales, hay alguna que sea sólidamente buena e importante, me atrevo a creer que es la que yo he escogido.

Puede suceder, sin embargo, que me engañe y acaso no sea sino cobre y vidrio lo que a mí me parece oro y diamante. Sé cuán expuestos estamos a equivocarnos cuando se trata de nosotros mismos y cuán sospechosos deben sernos también los juicios de los amigos que se pronuncian en nuestro favor.

Pero me gustaría dar a conocer en el presente discurso cuáles son los caminos que he seguido y representar en ellos mi vida como en un cuadro, a fin de que cada uno pueda juzgar, y así, tomando luego conocimiento por el rumor público de las opiniones emitidas, halle en esto un nuevo medio de instruirme que añadiré a los que acostumbro a emplear.  
No es, pues, mi propósito enseñar aquí el método que cada cual debe seguir para dirigir bien su razón, sino sólo exponer de qué manera he tratado de conducir la mía. Los que se meten a dar preceptos deben estimarse más hábiles que aquellos a quienes se los dan y si faltan en la menor cosa merecen censura por ello. Pero como yo propongo este escrito tan sólo a modo de historia, o, si se prefiere, de fábula, en la que entre algunos ejemplos que se pueden imitar quizás se hallen otros muchos que sería razonable no seguir, espero que será útil para algunos sin ser nocivo para nadie y que todos agradecerán mi franqueza.

Me educué en las letras desde mi infancia y como me aseguraban que por medio de ellas se podía adquirir un conocimiento claro y seguro de todo cuanto es útil para la vida, tenía extremado deseo de aprenderlas. Pero tan pronto termine el curso de los estudios alcabode los cuales se acostumbraba entrar en la categoría de los doctos, cambié por completo de opinión. Me embargaban, en efecto, tantas dudas y errores que, procurando instruirme, no había conseguido más provecho que el reconocer más y más mi ignorancia. Estaba, no obstante en una de las más célebres escuelas de Europa, en donde pensaba yo que debía haber hombres sabios, si es que los hay en algún lugar de la tierra. Allí había aprendido todo lo que los demás aprendían; y no contento aun con las ciencias que nos enseñaban, recorrí cuantos libros pudieran caer en mis manos referentes a los que se consideran como las más curiosas y raras. Conocía también los juicios que los demás se formaban de mí y no veía que se me creyese inferior a mis compañeros, aunque entre ellos hubiese ya algunos destinados a ocupar el lugar de nuestros maestros. En fin, parecíame nuestro siglo tan floreciente y fértil en buenos ingenios como pudo serlo cualquiera de los siglos precedentes. Por todo lo cual me tomaba la libertad de juzgar a los demás por mí mismo y de pensar que no había en el mundo doctrina alguna como la que se me había prometido.

No dejaba por eso de estimar en mucho los ejercicios que se hacen en las escuelas. Sabía que las lenguas que

allí se aprenden, son necesarias para entender los libros antiguos; que la gentileza de las fábulas despierta el espíritu; que las acciones memorables de las historias lo elevan y que, leídas con discreción, ayudan a formar el juicio; que la lectura de los buenos libros es como una conversación con las gentes más distinguidas de los pasados siglos, que han sido sus autores, y hasta una conversación estudiada en la que no nos descubren sino sus mejores pensamientos; que la elocuencia posee fuerzas y bellezas incomparables; que la poesía tiene delicadezas y dulzuras que maravillan; que en las matemáticas hay sutilísimas invenciones que pueden servir mucho, tanto para satisfacer a los curiosos como para simplificar las artes y disminuir el trabajo de los hombres; que los escritos que tratan de las costumbres contienen muchas enseñanzas y exhortaciones a la virtud que son muy útiles; que la teología enseña a ganar el cielo; que la filosofía da medios para hablar con verosimilitud de todas las cosas y hacerse admirar de los menos sabios; que la jurisprudencia, la medicina y las demás ciencias dan honores y riquezas a los que las cultivan; y, finalmente, que es bueno haberlas examinado todas, aun las más supersticiosas y falsas, para conocer su justo valor y no dejarse engañar por ellas.

Yo me creía haber dedicado ya bastante tiempo a las lenguas y aun a la lectura de los libros antiguos, y a sus historias y fábulas. Pues es casi lo mismo conversar con la gente de otros siglos que viajar. Bueno es saber algo de las costumbres de otros pueblos para juzgar las del propio con mayor acierto y no creer que todo lo que sea contrario a nuestros modos sea ridículo y opuesto a la razón, como suelen hacer los que no han visto nada. Pero el que emplea demasiado tiempo en viajar acaba por tornarse extranjero en su propio país; y el que estudia con demasiada curiosidad lo que se hacía en los siglos pasados termina por ignorar lo que ocurre en el presente. Además las fábulas son causas de que imaginemos como posibles acontecimientos que no lo son; y aun las más fieles historias, si no cambian ni aumentan el valor de las cosas para hacerlas más dignas de ser leídas, al menos omiten casi siempre las circunstancias más bajas y menos ilustres, por lo cual sucede que lo restante no aparece tal como es y que los que toman por regla de sus costumbres los ejemplos que sacan de las historias se exponen a caer en las extravagancias de los paladines de nuestras novelas y a concebir intentos superiores a sus fuerzas.

Estimaba en mucho la elocuencia y era un enamorado de la poesía; pero pensaba que una y otra eran dones del espíritu más que frutos del estudio. Los que con mayor fuerza razonan

y mejor digieren sus pensamientos para hacerlos claros e inteligibles, son los más capaces de llevar a los ánimos la persuasión sobre lo que proponen, aunque hablen una pésima lengua y jamás hayan aprendido retórica. Y los que más agradables invenciones poseen y con mayor adorno y dulzura saben expresar el arte poética, como los antiguos, no se dejaban de ser los mejores poetas aunque desconocieran el arte poética.

Yo me gustaba, sobre todo, de las matemáticas por la certeza y evidencia de sus razones, pero aún no conocía su verdadero uso, y al pensar que sólo servían para las artes mecánicas, me extrañaba de que, siendo sus cimientos tan firmes y sólidos, no se hubiese construido sobre ellos nada más elevado. Comparaba, en cambio, los escritos de los antiguos paganos referentes a las costumbres con palacios muy soberbios y magníficos, pero edificadas sobre arena y barro. Elevan muy en alto las virtudes y las presentan como las cosas más estimables que hay en el mundo, pero no nos enseñan bastante a conocerlas y, muchas veces, dan ese hermoso nombre a lo que no es sino insensibilidad, orgullo, desesperación o parricidio.

Respetaba nuestra teología y aspiraba, tanto como otro cualquiera, a ganar el cielo; pero habiendo aprendido, como cosa muy cierta, que el camino de la salvación está abierto tanto a los ignorantes como a los doctos, y que las verdades reveladas que a él conducen están muy por encima de nuestra inteligencia, nunca hubiera osado someterlas a mis débiles razonamientos y pensaba que para acometer la empresa de examinarlas y salir airoso de ella era necesario alguna ayuda extraordinaria del cielo y ser algo más que hombre.

Nada diré de la filosofía, sino que, al ver que ha sido cultivada por los más excelsos espíritus que han existido en los siglos pasados, y que, sin embargo, no hay en ella cosa alguna que no sea objeto de disputa y, por consiguiente, no sea dudosa, no tenía yo la presunción de esperar acertar mejor que los demás. Y considerando cuántas opiniones diversas puede haber referentes a un mismo asunto, todas sostenidas por gente docta, aun cuando no puede ser verdadera más que una sola, consideraba casi como falso todo lo que sólo fuera verosímil.

En cuanto a las demás ciencias, como toman sus principios de la filosofía, juzgaba yo que no se podía haber edificado nada sólido sobre cimientos tan poco firmes. Y ni el honor ni el provecho que prometen eran suficientes para determinarlas y aprehenderlas, pues no me veía, gracias a Dios, en condición

tal que me viese obligado a convertir la ciencia en oficio para alivio de mi fortuna; y aunque no profesaba el desprecio de la gloria de cínico, no estimaba, sin embargo, en mucho aquella fama que podía adquirirse gracias a falsos títulos. Y, por último, en lo que se refiere a las malas doctrinas, pensaba que ya conocía bastante bien su valor para no dejarme burlar ni por las promesas de un alquimista, ni por las predicciones de un astrólogo, ni por las imposturas de un mago, ni por los artificios o la presunción de los que profesan saber más de lo que realmente saben.

Por ello, tan pronto mi edad me permitió salir del dominio de mis preceptores, abandoné completamente el estudio de las letras, y resuelto a no buscar otra ciencia que la que pudie- ra hallar en mí mismo, o bien en el gran libro del mundo, empleé el resto de mi juventud en viajar por ver cortes y ejércitos, en tratar gente de diversos humores y condiciones, en recoger va- rias experiencias, en ponerme a mí mismo a prueba en los casos que la fortuna me deparaba y en hacer siempre tales reflexiones sobre las cosas que se me presentaban, que pudiera sacar algún provecho de ellas. Pues parece que cada uno puede encontrar mucha más verdad en los razonamientos que cada uno hace sobre los asuntos que le importan, y cuyo resultado será su castigo si ha juzgado mal, que en los que hace en su gabinete un hombre de letras sobre especulaciones que no producen efecto alguno y ningún resultado pueden darle como no sea el de inspirarle tanta más vanidad cuanto más se aparten del sentido común, puesto que habrá tenido que emplear mucho más ingenio y artificio para intentar hacerlas verosímiles. Y siempre tenía un inmenso deseo de aprender a distinguir lo verdadero de lo falso para ver claro en mis acciones y andar con seguridad en esta vida.

Cierto es que, mientras más que estudiar las costumbres de los demás hombres, a ellas encontré en ellas nada seguro, y advertía casi tanta diversidad como la que había advertido antes entre las opiniones de los filósofos. De suerte que el mayor provecho que saqué de esto fué que al ver varias cosas que a pesar de parecernos muy extravagantes y ridículas no dejan de ser comúnmente admitidas y aprobadas por otros grandes pueblos aprendí a no creer con demasiada seguridad en las cosas de que sólo el ejemplo y la costumbre me habían persuadi- do; y así me libré poco a poco de muchos errores que pueden ofuscar nuestra luz natural y hacernos menos capaces de compren- der la razón. Mas después de haber empleado algunos años es- tudiando en el libro del mundo y tratando de adquirir alguna ex- periencia, tomé un día la resolución de estudiar también en mí

mismo y de emplear todas las fuerzas de mi espíritu en la elec- ción del camino que debía seguir. Lo cual me dió mejor resul- tado, según creo, que el que pude obtener alejándome de mi país y de mis libros.

Había estudiado un poco, cuando era más joven, de las partes de la filosofía, la lógica, y de las matemáticas, el análisis de los géometras y el álgebra, tres artes o ciencias que debían, al parecer, contribuir algo a mi propósito. Pero cuando las examiné advertí, con respecto a la lógica, que sus silogis- mos y la mayor parte de las demás instrucciones que da, más sirven para explicar a otros las cosas ya sabidas o incluso, co- mo el arte de Lulio, para hablar, sin juicio de las que se igno- ran que para aprenderlas. Y si bien contiene, en efecto, muchos buenos y verdaderos preceptos, hay, sin embargo, mezclados con ellos, tantos otros nocivos o superfluos que separarlos es casi tan difícil como sacar una Diana o una Minerva de un már- mol no trabajado. En lo tocante al análisis de los antiguos y al álgebra de los modernos, aparte de que no se refieren sino a muy abstractas materias que no parecen ser de ningún uso, el primero está siempre tan constreñido a considerar las figuras que no puede ejercitar el entendimiento sin fatigar en mucho la ima- ginación; y en el último, hay que sujetarse tanto a ciertas re- glas y cifras que se ha hecho de él un arte confuso y obscuro, bueno para enredar el espíritu, en lugar de una ciencia que lo cultive. Esto fué causa de que pensase que era necesario bus- car algún otro método que, reuniendo las ventajas de estos tres, estuviera libre de sus defectos. Y como la multitud de leyes sirve a menudo de disculpa a los vicios, siendo un Estado mu- cho mejor regido cuando hay pocas pero muy estrictamente obser- vadas, así también, en lugar del gran número de preceptos que encierra la lógica creí que me bastarían los cuatro siguientes, siempre que tomara la firme y constante resolución de no dejar de observarlos ni una sola vez.

Consistía el primero en no admitir jamás como verdade- ra cosa alguna sin conocer con evidencia que lo era; es decir, evitar cuidadosamente la precipitación y la prevención y no com- prender, en mis juicios, nada más que lo que se presentase a mi espíritu tan clara y distintamente que no tuviese motivo algu- no para ponerlo en duda.

El segundo, en dividir cada una de las dificultades que examinare en tantas partes como fuese posible y en cuantas requiriese su mejor solución.

El tercero, en conducir ordenadamente mis pensamien-

los comenzando por los objetos más simples y más fáciles de conocer, para ir ascendiendo poco a poco, como por grados, hasta el conocimiento de los más compuestos; y suponiendo un orden aun entre aquellos que no se preceden naturalmente unos a otros. Y al último, en hacer en todo enumeraciones tan completas y revisiones tan generales que estuviera seguro de no omitir nada. Esas largas cadenas de trabadas razones muy simples y fáciles, que los geómetras acostumbran a emplear para llegar a sus más difíciles demostraciones, me habían dado ocasión para imaginar que todas las cosas que entran en la esfera del conocimiento humano se encadenan de la misma manera; de suerte que, con sólo abstenerse de admitir como verdadera ninguna que no lo fuera y de guardar siempre el orden necesario para deducir las unas de las otras, no puede haber ninguna, por lejos que se halle situada o por oculta que esté, que no se llegara a alcanzar y descubrir. No me costó gran trabajo saber por cuáles era menester comenzar, pues ya sabía que era por las más sencillas y fáciles de conocer; y considerando que entre todos los que antes han buscado la verdad en las ciencias, sólo los matemáticos han podido hallar algunas demostraciones, esto es, algunas razones ciertas y evidentes, no dudé de que debía comenzar por las mismas que ellos han examinado, aun cuando no esperaba de ellas más provecho que el de acostumbrar mi espíritu a alimentarse con verdades y no contentarse con falsas razones. Mas no por eso tuve la intención de aprender todas esas ciencias particulares que comúnmente se llaman matemáticas; pues al advertir que, aunque tienen objetos diferentes, concuerdan todas y no consideran sino las relaciones o proporciones que se encuentran en tales objetos, pensé que más valía limitarse a examinar esas proporciones en general, suponiéndolas sólo en aquellos asuntos que sirviesen para hacerme más fácil su conocimiento y hasta no sujetando a las a ellos de ninguna manera, para poder después aplicarlas libremente a todos los demás a que se pudieran convenir. Al advertir luego que para conocerlas necesitaría alguna vez considerar cada una en particular, y otras veces tan sólo retener o comprender varias juntas, pensé que, para considerarlas mejor particularmente, debía suponerlas en línea, pues nada hallaba más simple ni que más distintamente pudiera representarse ante mi imaginación y mis sentidos. Y que, para retenerlas o comprenderlas muchas juntas, era necesario explicarlas por algunas cifras lo más cortas que fuera posible; de esta manera tomaría lo mejor del análisis geométrico y del álgebra y corrigiera los

defectos del uno por medio de la otra.

Y, en efecto, me atrevo a decir que la exacta observación de los pocos preceptos por mí elegidos, me dió tal facilidad para resolver todas las cuestiones de que tratan esas dos ciencias que en dos o tres meses que empleé en examinarlas, comenzando siempre por las cosas más sencillas y generales y siendo cada verdad que descubría una regla que me servía a la vez para hallar otras, no solamente resolví muchas cuestiones que en otro tiempo había juzgado muy difíciles, sino que me pareció también, al final, que podía determinar por qué medios y hasta qué punto era posible resolver las que yo ignoraba. Lo cual no puede parecer presunción si se advierte que, por no haber en matemáticas más que una verdad en cada cosa, el que la halla sabe acerca de ella todo lo que se puede saber; y que, por ejemplo, un niño que sabe aritmética y hace una suma conforme a las reglas, puede estar seguro de haber descubierto, respecto a la suma que examinaba, todo cuanto el espíritu humano pueda hallar; porque el método que enseña a seguir el orden verdadero y a enumerar exactamente todas las circunstancias de lo que se busca, contiene todo lo que confiere certeza a las reglas de la aritmética.

Pero lo que más me satisfacía de este método, era que con él estaba seguro de emplear mi razón en todo, si no perfectamente, al menos lo mejor que me fuera posible. Sin contar con que, aplicándolo, sentía que mi espíritu se acostumbraba poco a poco a concebir más clara y distintamente los objetos. Por no haber circunscripto este método a ninguna materia particular, me prometí aplicarlo a las dificultades de las demás ciencias con tanta utilidad como lo había hecho a las del álgebra. No por eso me atrevía a examinar todas las que se presentasen, pues esto hubiera sido contrario al orden que el método prescribe; pero al advertir que todos los principios de las ciencias debían tomarse de la filosofía, donde aún no hallaba ninguno cierto, pensé que era necesario, ante todo, tratar de establecerlos en ella. Mas como esto es la cosa más importante del mundo, y donde es más de temer la precipitación y la prevención, comprendí que no debía acometer esta empresa hasta llegar a una edad bastante más madura que la de veintitrés años que entonces contaba, dedicando el tiempo a prepararme para ella; tanto desarraigando de mi espíritu todas las malas opiniones que había recibido antes de esta época, como reuniendo muchas experiencias que fuesen después materia de mis razonamientos, y ejercitándome constantemente en el método que me había prescrito para afirmar me más y más en él.

No sé si debo hablaros de las primeras meditaciones que hice, pues son tan metafísicas y fuera de lo común que acaso no sean del gusto de todo el mundo. Sin embargo, me siento obligado, en cierto modo, a hablar de ellas para que se pueda juzgar si los fundamentos que he adoptado son bastante sólidos. Largo tiempo hacía que había advertido que en lo que se refiere a las costumbres es a veces necesario seguir opiniones que sabemos muy inciertas, como si fueran indudables, según se ha dicho anteriormente. Pero, deseando yo en esta ocasión tan sólo buscar la verdad, pensé que debía hacer todo lo contrario y rechazar como absolutamente falso todo aquello en que pudiera imaginar la menor duda, para ver si, después de hecho esto, no me quedaba en mis creencias algo que fuera enteramente indudable. Así, puesto que los sentidos nos engañan a veces, quise suponer que no hay cosa alguna que sea tal como ellos nos la hacen imaginar. Y como hay hombres que se equivocan al razonar, aun acerca de las más sencillas cuestiones de geometría, y cometen paralogismos, juzgué que estaba yo tan expuesto a errar como cualquier otro y rechacé como falsos todos los razonamientos que antes había tomado por demostraciones. Finalmente, considerando que los mismos pensamientos que tenemos estando despiertos pueden también ocurrirnos cuando dormidos, sin que en tal caso sea ninguno verdadero, resolví fingir que todas las cosas que hasta entonces habían entrado en mi espíritu no eran más ciertas que las ilusiones de mis sueños. Pero advertí en seguida que aun queriendo pensar, de este modo, que todo es falso, era necesario que yo, que lo pensaba, fuese alguna cosa. Y al advertir que esta verdad- pienso luego soy- era tan firme y segura que las suposiciones más extravagantes de los escépticos no eran capaces de conmovérla, juzgué que podía aceptarla sin escrúpulo como el primer principio de la filosofía que buscaba.

Al examinar después atentamente lo que yo era y ver que podía fingir que no tenía cuerpo alguno y que no había mundo ni lugar alguno en el que yo me encontrase, pero que no podía fingir por ello que yo no fuese, sino al contrario, por lo mismo que pensaba en dudar de la verdad de las otras cosas se seguía muy cierta y evidentemente que yo era, mientras que, con sólo dejar de pensar, aunque todo lo demás que hubiese imaginado hubiera sido verdad, no tenía ya razón alguna para creer que yo fuese, conocí por ello que yo era una substancia cuya total esencia o naturaleza es pensar, y que no necesita, para ser, de lugar alguno ni depende de ninguna cosa material. De manera que este yo, es decir, el alma por la cual soy lo que soy, es enteramente distinta del cuerpo y hasta es más fácil de conocer

que él, y aunque el cuerpo no fuese, el alma no dejaría de ser cuanto es.

Después de esto consideré, en general, lo que se requiere para que una proposición sea verdadera y cierta; pues ya que acababa de encontrar una que sabía que lo era, pensé que debía saber también en qué consistía esa certeza. Y habiendo notado que en la proposición pienso, luego soy, no hay nada que me asegure que digo la verdad, sino que veo muy claramente que para pensar es preciso ser, juzgué que podía admitir como regla general que las cosas que concebimos muy clara y distintamente son todas verdaderas, pero que sólo hay alguna dificultad en advertir cuáles son las que concebimos distintamente.

Reflexioné después que, pues o que yo dudaba, no era mi ser del todo perfecto, pues advertía claramente que hay mayor perfección en conocer que en dudar, y traté entonces de indagar por dónde había yo aprendido a pensar en algo más perfecto que yo; y conocí evidentemente que debía de ser por alguna naturaleza que fuese efectivamente más perfecta. En lo que se refiere a los pensamientos que tenía acerca de muchas cosas exteriores a mí, como son el cielo, la tierra, la luz, el calor y otras mil, no me preocupaba mucho el saber de dónde procedían, porque, no viendo en esos pensamientos nada que me pareciese superior a mí, podía pensar que si eran verdaderos eran unas dependencias de mi naturaleza en cuanto que ésta posee alguna perfección, y si no lo eran procedían de la nada, es decir, que estaban en mí por lo defectuoso que yo era. Mas no podía suceder lo mismo con la idea de un ser más perfecto que mi ser; pues era cosa manifiestamente imposible que tal idea procediese de la nada. Y por ser igualmente repugnante que lo más perfecto sea consecuencia y dependencia de lo menos perfecto que pensar que de la nada provenga algo, no podía tampoco proceder de mí mismo. De suerte que era preciso que hubiera sido puesto en mí por una naturaleza que fuera verdaderamente más perfecta que yo y que poseyera todas las perfecciones de las que yo pudiera tener alguna idea, a lo que es igual, para decirlo en una palabra, que fuese Dios. A lo cual añadí que toda vez que yo conocía algunas perfecciones que me faltaban no era yo el único ser que existía usaré aquí, libremente, si parece bien, de los términos de la Escuela), sino que era absolutamente necesario que hubiese otro ser más perfecto, de quien yo dependiese y de quien hubiese adquirido todo cuanto poseía. Pues si hubiera sido yo solo e independiente de todo otro, de tal suerte que a de mí mismo procediese lo poco que participaba del Ser perfecto, hubiera podido tener por

mí mismo también, por idéntica razón, todo lo demás que sabía que me faltaba, y ser infinito, eterno, inmutable, omnisciente, omnipotente, poseer, en suma, todas las perfecciones que advertía que existen en Dios. Pues, según los razonamientos que acabo de hacer, para conocer la naturaleza de Dios, en cuanto la mía era capaz de ello, me bastaba considerar si era o no una perfección poseer las cosas de que en mí hallaba alguna idea, y seguro estaba de que ninguna de las que denotaban alguna imperfección estaba en él, mas sí todas las restantes. Y así notaba que la duda, la incertidumbre, la tristeza y otras cosas semejantes, no podían estar en Dios, puesto que yo me hubiera alegrado de verme libre de ellas. Tenía yo, además de esto, ideas de muchas cosas sensibles y corporales, pues aun suponiendo que soñaba y que todo lo que veía e imaginaba era falso, no podía negar, sin embargo, que tales ideas estuvieran verdaderamente en mi pensamiento. Pero habiendo conocido en mí muy claramente que la naturaleza inteligente es distinta de la corporal, y teniendo en cuenta que toda composición denota dependencia y que la dependencia es manifiestamente un defecto, deduje que no podría ser una perfección en Dios el componerse de estas dos naturalezas y que, por tanto, Dios no era compuesto. En cambio, si en el mundo había cuerpos, o bien algunas inteligencias u otras naturalezas que no fuesen completamente perfectas, su ser debía depender del poder divino, de tal manera que sin él no podrían subsistir ni un solo momento.

Quise indagar luego otras verdades, y habiéndome propuesto considerar el objeto de los geómetras que concebía como un cuerpo continuo o un espacio indefinidamente extenso en longitud, anchura y altura o profundidad, divisible en varias partes que pueden tener varias figuras y tamaños, y ser movidas o trasladadas de muchas maneras, pues los geómetras suponen todo eso en su objeto, repasé algunas de sus demostraciones más sencillas, y habiendo advertido que esa gran certeza que todo el mundo atribuye a tales demostraciones se funda tan sólo en que se conciben de un modo evidente según la regla antes dicha, advertí también que no había nada en ellas que me garantizase la existencia de su objeto; porque, por ejemplo, veía muy bien que, suponiendo un triángulo, era necesario que sus tres ángulos fueran iguales a dos rectos, mas no por esto veía nada que me asegurase que en el mundo hubiera triángulo alguno. En cambio, si volvía a examinar la idea que tenía de un Ser perfecto, hallaba que la existencia estaba comprendida en ella del mismo modo como en la idea de un triángulo se comprende que sus tres ángulos sean iguales a dos rectos, o, en la de una esfera, el que

todas sus partes sean equidistantes de su centro, y hasta con más evidencia aun; y que, por consiguiente, es por lo menos tan cierto que Dios, que es ese Ser perfecto, es o existe, como lo pueda ser cualquier demostración de geometría.

Pero si hay muchos que están persuadidos de que es difícil conocer lo que sea Dios, y aun lo que sea el alma, es porque no elevan nunca su espíritu por encima de las cosas sensibles y están tan acostumbrados a considerarlo todo con la imaginación, que es un modo de pensar particular para las cosas materiales, que lo que no es imaginable les parece ininteligible. Lo cual está bastante manifiesto en la máxima que los mismos filósofos admiten como verdadera en las escuelas y que dice que nada hay en el entendimiento que no haya estado antes en los sentidos, aunque sea cierto que las ideas de Dios y del alma jamás lo han estado. Y me parece que los que quieren hacer uso de su imaginación para comprender esas ideas son como los que para percibir los sonidos u oler los olores quisieran servirse de los ojos; habiendo, en verdad, esta diferencia entre aquéllas y éstos: que el sentido de la vista no nos asegura menos de la verdad de sus objetos que el olfato y el oído del suyo, mientras que ni la imaginación ni los sentidos pueden asegurarnos de que sea cierta cosa alguna si el entendimiento no ha intervenido.

Finalmente, si aun hay hombres a quienes las razones que he presentado no han convencido de la existencia de Dios y del alma, quiero que sepan que todas las demás cosas que acaso crean más seguras -por ejemplo, que tienen un cuerpo, que hay astros y una tierra y otras semejantes- son, sin embargo, menos ciertas. Porque si bien tenemos una seguridad moral de esas cosas tan grande que parece que, a menos de ser un extravagante, no puede nadie ponerlas en duda, sin embargo, cuando se trata de una certidumbre metafísica no se puede negar, a no ser perdiendo la razón, que no sea bastante motivo, para no estar totalmente seguro, el haber notado que podemos de la misma manera imaginar en sueños que tenemos otro cuerpo y vemos otros astros y otra tierra sin que ello sea cierto, pues ¿cómo sabremos que los pensamientos que se nos ocurren durante el sueño son más falsos que los demás cuanto que con frecuencia no son menos vivos y precisos? Y por mucho que lo estudien los mejores ingenios, no creo que puedan dar ninguna razón suficiente para desvanecer esta duda sin suponer previamente la existencia de Dios. Porque, en primer lugar, la regla que antes he adoptado -de que son verdaderas todas las cosas que concebimos muy clara y distintamente- no es segura sino porque

Dios es o existe y porque es un Ser perfecto, del cual proviene cuanto hay en nosotros. De donde se sigue que nuestras ideas o nociones, siendo cosas reales y que proceden de Dios, en todo lo que tienen de claras y distintas, no pueden menos de ser verdaderas, de suerte que si tenemos con bastante frecuencia ideas que encierran falsedad, es porque hay en ellas algo confuso y obscuro y en este respecto participan de la nada, es decir, que si están así confusas en nosotros es porque no somos totalmente perfectos, y es evidente que no hay menos repugnancia en admitir que la falsedad o imperfección proceda como tal de Dios mismo, que en admitir que la verdad o la perfección procedan de la nada. Mas si no supiéramos que todo cuanto en nosotros es real y verdadero proviene de un ser perfecto e infinito, entonces, por claras y distintas que fuesen nuestras ideas, no habría razón alguna que nos asegurase que tienen la perfección de ser verdaderas.

Después que el conocimiento de Dios y del alma nos han asegurado la certeza de esta regla, resulta fácil conocer que los ensueños que imaginamos al dormir no deben hacer nos dudar en manera alguna de la verdad de los pensamientos que tenemos cuando estamos despiertos. Porque si ocurriese que durmiendo tuviéramos alguna idea muy distinta, como, por ejemplo, que un geómetra inventara en sueños una nueva demostración, el sueño no impediría que esa idea fuese cierta. Y en lo que respecta al error más frecuente de nuestros sueños, que consiste en representarnos diversos objetos del mismo modo como lo hacen nuestros sentidos exteriores, poco importa que nos dé ocasión para desconfiar de la verdad de tales ideas, pues éstas pueden engañarnos de igual manera aun cuando no estuviéramos dormidos. Prueba de ello es que los que padecen ictericia lo ven todo amarillo y que los astros y otros cuerpos muy lejanos nos parecen mucho más pequeños de lo que son. En fin, despiertos o dormidos no debemos dejarnos persuadir nunca si no es por la evidencia de la razón. Y adviértase que digo de la razón, no de la imaginación o de los sentidos. Del mismo modo, porque veamos el sol muy claramente, no debemos por ello juzgar que sea del tamaño que lo vemos; y muy bien podemos imaginar distintamente una cabeza de león pegada al cuerpo de una cabra sin que por eso haya que concluir que en el mundo existe la quimera: la razón no nos dice que lo que así vemos o imaginamos sea verdadero. Pero si nos dice que todas nuestras ideas o nociones deben tener algún fundamento de verdad; pues no sería posible que Dios, que es enteramente perfecto y verdadero, las hubiera puesto en nosotros si fueran falsas. Y puesto que nuestros razonamientos nunca son tan evi-

dentes y completos en el sueño como en la vigilia, si bien a veces nuestras representaciones son tan vivas y expresivas y hasta más en el sueño que en la vigilia, por eso nos dice la razón que, no pudiendo ser verdaderos todos nuestros pensamientos, porque no somos totalmente perfectos, deberá infaliblemente hallarse la verdad más bien en los que pensamos cuando estamos despiertos que en los que tenemos durante el sueño.

Mucho me gustaría proseguir y exponer aquí toda la cadena de las restantes verdades que deduje de estas primeras. Mas como sería necesario para ello hablar de muchas cosas que están en cuestión entre los doctos, con los que no deseo indisponerme, creo que mejor será que me abstenga y me limite a decir en general cuáles son, dejando que juzguen los más sabios si sería útil hablar de ellas al público con más detenimiento. Siempre me he mantenido firme en mi resolución de no suponer otro principio que el que acaba de servirme para demostrar la existencia de Dios y del alma, y de no reconocer como verdadera cosa alguna que no me pareciese más clara y más segura que las demostraciones de los geómetras. Y, sin embargo, me atrevo a decir que no sólo he encontrado medio de quedar satisfecho en poco tiempo respecto a las dificultades principales que suelen tratarse en filosofía, sino que también he notado ciertas leyes, que Dios ha establecido en la naturaleza y cuyas nociones ha impreso en nuestras almas, de tal suerte que, si reflexionamos sobre ellas con bastante detenimiento, no podemos dudar de que se cumplen exactamente en todo lo que es o se hace en el mundo. Al considerar luego la serie de estas leyes, me parece haber descubierto varias verdades más útiles e importantes que cuanto había aprendido hasta entonces o aun esperado aprender.

Mas como he intentado explicar las principales en un tratado que algunas consideraciones me impiden publicar, nada mejor para darlas a conocer que exponer aquí sumariamente lo que ese tratado contiene. Tuve la intención de poner en él todo lo que creía saber antes de escribirlo acerca de la naturaleza de las cosas materiales. Pero así como los pintores, no pudiendo representar con igual exactitud en un cuadro las diversas caras de un cuerpo sólido, escogen una de las principales y la iluminan, dejando las demás en las sombras, de suerte que sólo parece en ella lo que se puede ver mirando a la otra, así también, temiendo yo no poder poner en mi discurso todo lo que había en mi pensamiento, me limité a exponer ampliamente lo que pensaba respecto de la luz; luego, con este motivo añadía algo acerca del sol y de las estrellas fijas, porque casi toda

la luz viene de esos cuerpos; de los cielos, que la transmiten; de los planetas, de los cometas y de la tierra, que la reflejan; y en particular de todos los cuerpos que hay sobre la tierra, que son o coloreados o transparentes o luminosos; y, finalmente, del hombre que es el espectador. Y para dar un poco de sombra a todas esas cosas y poder decir con más libertad lo que pensaba, sin verme obligado a seguir ni refutar las opiniones admitidas entre los doctos, resolví entregar este mundo a sus disputas y hablar únicamente de lo que sucedería en uno nuevo, si Dios crease ahora en los espacios imaginarios bastante materia para componerlo y, agitando diversamente y sin orden las varias partes de esa materia, formase un caos tan confuso como pueden fingirlo los poetas, y se limitara después a prestar su concurso ordinario a la naturaleza, dejándola obrar según las leyes por él establecidas. Describí primeramente esta materia y traté de representarla de tal manera que nada hay en el mundo, a mi entender, más claro e inteligible, excepto lo que antes he dicho sobre Dios y el alma; pues hasta supuse expresamente que no hay en ella ninguna de esas formas o cualidades que tanto se discuten en las escuelas, ni cosa alguna cuyo conocimiento no fuera tan natural en nuestras almas, que ni siquiera pudiera fingirse que se ignora. Hice ver además cuáles eran las leyes de la naturaleza; y, sin fundar mis razones en ningún otro principio que las infinitas perfecciones de Dios, traté de demostrar todas aquellas sobre las que pudiera haber alguna duda y procuré probar que son tales que, aun cuando Dios hubiese creado varios mundos, no podría haber ninguno en donde no se cumplieran. Mostré después cómo la mayor parte de la materia de ese caos debía, a consecuencia de estas leyes, estar dispuesta y arreglada de una manera que la hiciese semejante a nuestro cielo; y cómo, sin embargo, algunas de sus partes debían formar una tierra, y algunas otras planetas y cometas, y otras en fin un sol y las estrellas fijas. Y aquí, extendiéndome sobre el tema de de la luz, expliqué detenidamente cuál era la que debía hallarse en el sol y las estrellas, y cómo desde allí atravesaba en un instante los espacios inmensos de los cielos y cómo se reflejaba desde los planetas y los cometas hacia la tierra. Añadí a esto muchas cosas acerca de la substancia, la situación, los movimientos y demás cualidades de estos cielos y astros; de tal modo que creía decir lo suficiente para hacer comprender que nada se observa, en los de este mundo, que no deba, o al menos no pueda, parecer en un todo semejante a los de ese otro mundo que yo describía. Pasé después a ocuparme de la tierra en particular; expliqué cómo, aun habiendo supuesto expresamente que Dios no hubiera dado ningún peso a la materia de que estaba compuesta, no por eso

dejarían todas sus partes de dirigirse exactamente hacia su centro; cómo habiendo agua y aire sobre su superficie, la disposición de los cielos y de los astros, principalmente de la luna, debía causar en ella un flujo y reflujo semejante en todo al que se observa en nuestros mares, y además cierta corriente, tanto de agua como de aire, que va de levante a poniente, como la que se nota también entre los trópicos; cómo las montañas, los mares, las fuentes y los ríos podrían formarse naturalmente y los metales producirse en las minas y las plantas crecer en los campos y, en general, engendrarse todos esos cuerpos llamados mezclas o compuestos. Y entre otras cosas, como después de los astros nada conocía yo en el mundo que produjera luz sino el fuego, traté de hacer comprender con mucha claridad todo lo que atañe a su naturaleza, cómo se forma, cómo se alimenta, cómo a veces da calor sin luz y otras luz sin calor; cómo puede introducir diferentes colores en varios cuerpos y varias otras cualidades; cómo funde algunos y endurece otros; cómo puede consumirlos o convertirlos en humo y cenizas; y, finalmente, cómo forma vidrio con estas cenizas, sólo por la violencia de su acción; porque pareciéndome esta transformación de las cenizas en vidrio tan admirable como cualquiera otra de la naturaleza, tuve especial placer en describirla.

No quería, sin embargo, deducir de todas estas cosas que este mundo haya sido creado del modo que yo exponía, porque es mucho más verosímil que desde el principio lo hizo Dios tal como debía ser. Ciertamente no obstante -y ésta es una opinión admitida generalmente por los teólogos- que la acción por la que hoy lo conserva es la misma por la que lo creó; de manera que si al principio no le hubiera dado más forma que la del caos, con haber establecido las leyes de la naturaleza y haberle prestado su concurso para obrar como ella acostumbra, se puede creer, sin menoscabo del milagro de la creación, que todas las cosas que son puramente materiales hubieran podido, con el tiempo, llegar a ser como ahora las vemos. Y su naturaleza es mucho más fácil de concebir cuando se ven nacer poco a poco de esa manera que cuando se consideran ya hechas del todo....

Hacia ya tres años que había concluido tratado que contiene todas estas cosas y comenzaba a revisarlo para ponerlo en manos de un impresor, cuando supe que unas personas, cuyo respeto y cuya autoridad no es menos poderosa sobre mis acciones que mi propia razón sobre mis pensamientos, habían reprobado una opinión de física publicada poco antes por otro, de la que no quiero decir que yo participara, sino sólo que antes de verla

censurada no había notado en ella nada que me hiciera sospechar que fuese perjudicial a la religión ni al Estado, ni que, por tanto, me impidiese publicarla si la razón me probara su verdad. Esto me hizo temer no fuera a haber alguna también entre las mías en la que me hubiese equivocado, a pesar del gran cuidado que he tenido siempre de no aceptar opiniones nuevas sin tener demostraciones muy ciertas de ellas y de no escribir nada que pudiera venir en menoscabo de alguien. Esto bastó para obligar me a cambiar mi resolución de publicar la obra; pues aun cuando las razones que me empujaron a tomar antes esa resolución fueron muy fuertes, sin embargo, mi inclinación natural, que me ha llevado siempre a aborrecer el oficio de hacer libros, me proporcionó en seguida razones suficientes para excusarme. Y tales son esas razones, de una y otra parte, que no sólo me interesa a mí decir las aquí, sino que acaso también interese al público conocerlas.

Nunca he atribuído gran valor a las cosas que provienen de mi espíritu, y mientras no he recogido del método que uso otro fruto sino el hallar la solución de algunas dificultades pertenecientes a las ciencias especulativas o tratar de ordenar mis costumbres con arreglo a lo que dicho método me señalaba; no me he creído obligado a escribir nada. Pues en lo que atañe a las costumbres, cada cual está tan seguro en su modo de pensar, que se hallarían tantos reformadores como hombres si a todo el mundo, y no sólo a los que Dios ha establecido soberanos de sus pueblos o a los que han recibido de él la gracia y el celo suficiente para ser profetas, le fuera permitido dedicarse a cambiarlas en algo; y en cuanto a mis especulaciones, aunque eran muy de mi gusto, he creído que los demás tendrían otras, también que quizás les gustarían más. Pero tan pronto como adquirí algunas nociones generales de física y, comenzando a ponerlas a prueba en varias dificultades particulares, noté hasta dónde pueden conducir y cuánto difieren de los principios empleados hasta el presente, creí que no podría tener las ocultas sin pecar gravemente contra la ley que nos obliga a procurar el bien general de todos los hombres, en cuanto ello esté en nuestro poder. Pues esas nociones me han enseñado que es posible llegar a conocimientos muy útiles para la vida y que, en lugar de la filosofía especulativa enseñada en las escuelas, es posible encontrar una práctica por medio de la cual, conociendo la fuerza y las acciones del fuego, del agua, del aire, de los astros, de los cielos y de todos los demás cuerpos que nos rodean tan distintamente como conocemos los oficios varios de nuestros artesanos, podríamos aprovecharlos del mismo modo en todos los usos apropiados, y de esa suerte, convertirnos como en dueños y poseedores de la naturaleza. Lo cual es muy

de desear, no sólo para la invención de una infinidad de artificios que nos permitirían gozar sin ningún trabajo de los frutos de la tierra y de todas las comodidades que hay en ella, sino muy principalmente para la conservación de la salud, que es sin duda el primer bien y el fundamento de todos los demás bienes de esta vida, porque aun el espíritu depende tanto del temperamento y de las disposiciones de los órganos del cuerpo, que, si es posible hallar algún medio para hacer que los hombres sean más sabios de lo que hasta aquí lo han sido, creo que hay que buscarlo en la medicina. Ciertamente es que la que hoy se usa contiene pocas cosas de tan notable utilidad; pero, sin que esto sea querer despreciarla, tengo la seguridad de que no hay nadie, ni aun los que la ejercen, que no confiese que cuanto sabe no es casi nada comparado con lo que queda por saber; y que podríamos librarnos de una infinidad de enfermedades, tanto del cuerpo como del espíritu, y hasta quizá de la debilidad que la vejez nos trae, si tuviésemos bastante conocimiento de sus causas y de todos los remedios de que la naturaleza nos ha provisto. Y como ya había concebido el designio de emplear toda mi vida en las investigaciones de una ciencia tan necesaria y había encontrado un camino que me parecía que siguiéndolo se debe infaliblemente dar con ella, a no ser que lo impida la brevedad de la vida o la falta de experiencia, juzgaba que no hay mejor remedio contra esos dos obstáculos sino comunicar fielmente al público lo poco que hubiera encontrado e invitar a los buenos espíritus a que tratasen de seguir adelante contribuyendo, cada cual según su inclinación y su fuerza, a las experiencias que hubiera que hacer y comunicando así mismo al público todo lo que averiguaran, a fin de que, comenzando los últimos por donde hubieran terminado sus predecesores y uniendo así las vidas y los trabajos de varios, llegásemos todos juntos mucho más allá de donde puede llegar cada uno en particular.

Advertí, asimismo que las experiencias son más necesarias cuanto más avanzamos en el conocimiento, porque al principio es preferible servirse únicamente de las que se presentan por sí mismas a nuestros sentidos y que no podemos ignorar por poca reflexión que hagamos, que buscar otras más raras y estudiadas, por la razón de que éstas engañan con frecuencia cuando no se conocen las causas más comunes y también porque las circunstancias de que dependen son casi siempre tan particulares y tan pequeñas que es muy difícil reparar en ellas. Pero el orden que en esto he llevado ha sido el siguiente: primero he procurado hallar en general los principios o primeras causas de todo lo que en el mundo es o puede ser, sin consi

derar para ese efecto nada más que a Dios, que lo ha creado, ni sacarlas de otra cosa que de ciertos gérmenes de verdades que están naturalmente en nuestras almas. Examiné después cuáles eran los primeros y más comunes efectos que podían deducirse de estas causas y me parece que por tales medios he hallado cielos, astros, una tierra; y sobre la tierra, agua, aire, fuego, minerales y otras cosas que, siendo las más comunes y sencillas de todas, son también las más fáciles de conocer. Luego, cuando quise descender a las más particulares, se presentaron ante mi consideración tantas y tan diversas que no he creído que fuera posible al espíritu humano distinguir las formas o especies de cuerpos que hay en la tierra de otras muchísimas que podría haber si hubiera sido la voluntad de Dios ponerlas en ella y, por consiguiente, que no es posible tampoco referirlas a nuestra utilidad, a no ser que salgamos al encuentro de las causas por los efectos y hagamos uso de varias experiencias particulares. Después de lo cual, raspando en mi espíritu todos los objetos que se habían presentado a mis sentidos, me atrevo a afirmar que no advertí en ellos nada que no pueda explicarse cómodamente por los principios encontrados. Pero también debo confesar que el poder de la naturaleza es tan amplio y tan vasto) y esos principios tan sencillos y generales, que no descubro casi ningún efecto particular que no sepa de antemano que puede deducirse de muchos modos, y mi mayor dificultad es, por lo común, encontrar por cuál de esos modos depende de dichos principios; para lo cual no tengo otro recurso que buscar otra vez experiencias tales que su resultado varié según que se lo explique por una u otra de esas maneras. Por otra parte, he llegado ya a tal punto que veo bastante bien el rodeo que hay que dar para hacer la mayor parte de las experiencias que sirven para este efecto; veo también que son tales y tan numerosas que ni mis manos ni mis rentas, aunque tuviera mil veces más de lo que tengo, bastarían para todas; de suerte que, según me sea posible hacer cómodamente más o menos experiencias, así también adelantaré más o menos en el conocimiento de la naturaleza. Todo lo cual pensaba dar a conocer en el tratado que había escrito; mostrando tan claramente la utilidad que el público podría obtener, que hubiera inducido a cuantos desean en general el bien de los hombres, es decir, a todos los que son verdaderamente virtuosos y no por falsas apariencias y mera opinión, a comunicarme las experiencias que ellos, hubieran hecho y ayudarme en la investigación de las que aún me quedarán por hacer.

Tuve con posterioridad otras razones que me hicieron

ron mudar de opinión y pensar que debía seguir escribiendo todas las cosas que me parecieron de alguna importancia a medida que fuese descubriendo su verdad y poniendo en ello el mismo cuidado que si las tuviera que imprimir, no sólo porque así disponía de mayor espacio para examinarlas bien -pues es indudable que se pone mayor atención en lo que se cree que han de ver muchos que en lo que se hace únicamente para sí mismo, tanto que ha veces las cosas que me han parecido falsas cuando he intentado estamparlas en el papel.- como para no perder ocasión ninguna de servir al público, si de ello muy capaz, y para que si mis escritos valen algo, puedan usarlos como crean más conveniente los que los posean después de mi muerte. Pero pensé también que no debía en manera alguna consentir que se publicasen durante mi vida estos trabajos, para que ni las oposiciones y controversias que acaso suscitaran, ni la misma reputación que pudieran proporcionarme, fueran ocasión de perder el tiempo que deseo emplear en intruírme. Porque si bien es cierto que todo hombre está obligado, en cuanto le sea posible, a procurar el bien de los demás y que en realidad el que a nadie es útil nada es útil nada vale, cierto es también que nuestros cuidados deben sobrepasar el tiempo presente y que es bueno prescindir de las cosas que quizá reportarán algún provecho a los que hoy viven cuando se tiene la intención de hacer otras cosas que han de ser más útiles a nuestros nietos. Y, en efecto, quiero que se sepa que lo poco que hasta aquí he aprendido no es casi nada en comparación con lo que ignoro y no desespero de poder aprender, porque a los que descubren poco a poco la verdad en las ciencias les acontece casi lo mismo que a los que comenzando a enriquecerse hacen grandes adquisiciones con menos trabajo que el que les costó antes, siendo más pobres, hacen otras mucho menores. También pueden compararse con los jefes de ejército que crecen en fuerzas conforme ganan batallas, y necesitan más atención y esfuerzo para mantenerse después de una derrota que para tomar ciudades y conquistar provincias después de una victoria. Y como verdaderamente es dar batallas el tratar de vencer todas las dificultades y errores que nos impiden llegar al conocimiento de la verdad, y es como perder una batalla aceptar opiniones falsas acerca de alguna materia un tanto general e importante, se necesita después mucha más destreza para reponerse en el mismo estado de antes que para hacer grandes progresos cuando ya se poseen principios seguros. Por lo que a mí toca, si he logrado hallar algunas verdades en las ciencias (y espero que las cosas contenidas en este volumen demostrarán que algunas he encontrado), puedo decir que no son sino consecuencias y dependencias de cinco o seis dificultades principales que he

resuelto y que considero como otras tantas batallas en que me ha favorecido la fortuna; y me atrevó a afirmar que pienso no tener ya necesidad de ganar sino otras dos o tres como ésas; para llegar al término de mis propósitos, y que no es tanta mi edad que no pueda disponer aún del tiempo necesario para ese efecto. Pero, por lo mismo que abrigo mayores esperanzas de poder ocupar bien el tiempo que me queda, me creo más obligado no desperdiciarlo, y ciertamente que no me faltan ocasiones para perderlo si publicara los fundamentos de mi física; pues aun cuando casi todos son tan evidentes que basta oírlos para aceptarlos, y no hay uno solo del que no pueda dar demostraciones, sin embargo, como es imposible que concuerden con todas las diversas opiniones de los demás hombres, preveo que suscitarán oposiciones que me distraerán un poco de mi labor.

Podría quizá pensarse que esas objeciones serían útiles, no sólo porque me darían a conocer mis propias faltas, sino también porque, de haber en mí algo bueno, los demás hombres adquirirían por ese medio una mejor comprensión de ello; y como muchos ven más que uno solo, si comenzasen a hacer uso de mis principios me ayudarían también con sus invenciones. Pero aun cuando me conozca como muy expuesto a errar y casi nunca me fío de los primeros pensamientos que se me ocurren, sin embargo, la experiencia que tengo de las objeciones que puedan hacerme me quita la esperanza de obtener de ellas algún provecho, pues he escuchado con frecuencia los juicios de los que he tenido por amigos y los de otros a quienes considero indiferentes, y aun de algunos cuya malignidad y envidia sabía yo que habría de procurar descubrir lo que el afecto ocultase a mis amigos; pero rara vez ha sucedido que me hayan objetado algo enteramente imprevisto por mí, a no ser alguna cosa muy alejada de mi asunto, de suerte que casi nunca he encontrado un censor de mis opiniones que no me pareciese menos severo o menos equitativo que yo mismo. Tampoco he notado nunca que las disputas que suelen practicarse en las escuelas sirvan para descubrir una verdad antes ignorada; pues, esforzándose cada cual por vencer a su adversario, antes se ocupan en hacer valer la verosimilitud de lo que afirman que en pesar las razones que cada cual alega; y los que por largo tiempo han sido buenos abogados no por esto son después mejores jueces.

No podría ser tampoco muy grande la utilidad que los demás sacaran de la comunicación de mis pensamientos, pues

muchas cosas antes de utilizarlas en la práctica. Y creo poder decir, sin vanidad, que si hay alguien capaz de desarrollarlos he de ser yo mejor que otro cualquiera, y no porque no pueda haber en el mundo otros espíritus incomparablemente mejores que el mío, sino porque no es tan fácil concebir una cosa y asimilársela cuando se ha aprendido de otro como cuando uno mismo la ha inventado. Y en esta materia es esto tan cierto que aun que muchas veces he explicado algunas de mis opiniones a personas de muy buen talento, que me hacían entenderlas muy bien cuando yo hablaba, sin embargo, cuando las han repetido he notado que las alteraban casi siempre de tal suerte que yo no podía reconocerlas como mías. Aprovecho la ocasión para rogar a quienes me sucedan que no crean nunca que proceden de mí las cosas que les digan los otros cuando yo mismo no las haya divulgado; y no me asombre de ninguna manera alguna de las extravagancias que se atribuyen a algunos filósofos, cuyos escritos no poseemos, ni considero por esto que sus pensamientos hayan sido poco razonables, puesto que se trataba de los mejores espíritus de su tiempo, sino sólo que sus opiniones han sido mal referidas. Vemos asimismo que casi nunca ha ocurrido que sus secuaces los hayan sobrepasado. Y estoy seguro de que los más apasionados entre los que hoy siguen a Aristóteles se considerarían muy dichosos si tuvieran tanto conocimiento de la naturaleza como tuvo él, aunque fuera con la condición de que nunca tuvieran más. Esos espíritus son como la yedra, que no puede subir más alto que los árboles en que se enreda y muchas veces desciende después de haber llegado hasta la copa. Me parece que también los que siguen una doctrina ajena descienden, es decir, se tornan, en cierto modo, menos sabios que si se abstuvieran de estudiar; no contentos con saber todo lo que su autor explica inteligentemente, tales personas quieren además encontrar en él la solución de las dificultades de las cuales no habla y en las que acaso no pensó jamás. Esta manera de filosofar es, sin embargo, muy cómoda para quienes poseen un talento mediocre, pues la obscuridad de las distinciones y principios de que se sirven les permite hablar de todo con tanta audacia como si las entendieran y sostener contra los más hábiles y sutiles lo que de ellas dicen, sin que haya medio de vencerlos; en lo cual parecen semejantes a un ciego que, para combatir sin desventajas contra uno que ve, le hubiera llevado al fondo de una oscurísima cueva. Y puedo afirmar que esos tales tienen interés en que me abstenga de publicar los principios de la filosofía de que me sirvo, pues siendo, como son, muy sencillos y evidentes, publicarlos sería como abrir ventanas y dar luz a esa cueva en donde han ido a pelear. Pero aun los me

los espíritus no deben tener deseos de conocer mis principios, pues si lo que quieren es saber haber de todas las cosas y adquirir reputación de doctos, más fácilmente lo conseguirán contentándose con lo verosímil, que sin gran trabajo puede hallarse en todo género de asunto, que buscando la verdad que no se descubre sino poco a poco en algunas materias y que cuando llega la ocasión de hablar de otros temas, nos obliga a confesar francamente que los ignoramos. Pero si estiman que un poco de verdad es preferible a la vanidad de parecer saber lo todo como si nada, es efectivamente preferible, y si lo que quieren es proseguir un intento semejante al mío, no necesitan para ello que les diga más de lo que ya he dicho en este discurso; pues si son capaces de pasar más allá de donde yo he ido, lo serán también, con mayor motivo, de hallar por sí mismos todo cuanto creo haber hallado, sin contar con que, hablando yo seguido siempre mis investigaciones ordenadamente, es cierto que lo que me falta por descubrir es de suyo más difícil y oculto que lo que he podido hallar hasta ahora, y por tanto, mucho menos gusto hallarían en saberlo por mí, que por sí mismos. Además, el hábito que de esta manera adquirirían buscando primero las cosas fáciles y pasando poco a poco a otras más difíciles, les serviría más que todas mis instrucciones. Por eso estoy persuadido de que, si en mi juventud me hubieran enseñado todas las verdades cuyas demostraciones he buscado después y no me hubiese costado trabajo alguno el aprenderlas, quizá no supiera hoy ninguna otra cosa, pero por lo menos nunca hubiera adquirido la costumbre y facilidad que creo tener de encontrar siempre otras nuevas a medida que me aplico a buscarlas. En esta palabra, si hay en el mundo una obra que nadie puede concluir tan bien como el mismo que la empezó es aquella en que trabajo.

Cierto es que un hombre sólo no podría hacer todas las experiencias que pueden servir para mi objeto; pero tampoco podría emplear útilmente manos ajenas, como no sean las de artesanos u otras gentes a quienes pudiera pagar y a quienes dar esperanza del precio que es un medio muy eficaz, obligaría a hacer exactamente lo que les prescribiera. Los que voluntariamente, por curiosidad o deseo de aprender, se ofrecieran a ayudarlo, aparte de que por lo común prometen más de lo que cumplen y hacen bellas proposiciones que nunca tienen resultado, querían seguramente recibir, en pago algunas explicaciones de ciertas dificultades, o por lo menos obtener halagos y conversaciones inútiles, que por poco tiempo que les ocuparan representarían, al fin y al cabo, una pérdida. Y en cuanto

a las experiencias que hayan hecho ya los demás, aun cuando se las quisieran comunicar -cosa que no harán nunca los que las califican de secretos-, se componen en su mayor parte de tantas circunstancias e ingredientes superfluos que le sería muy difícil descifrar lo que haya en ellas de verdad; y, además, las hallaría casi todas tan mal explicadas, y acaso tan falsas -por haber sus autores procurado que aparezcan conformes con sus principios-, que de haber algunas que les sirviesen no valdrían el tiempo que se invirtiera en escogerlas. De suerte que si en el mundo hubiese un hombre de quien se supiera con seguridad que es capaz de descubrir las mayores cosas y las más útiles para el público, y, por este motivo, los demás hombres se esforzasen por todos los medios en ayudarle a realizar sus propósitos, no veo que pudiesen hacer con él nada más sino contribuir a sufragar los gastos de las experiencias que necesitara e impedir que nadie le hiciera perder el tiempo con importunidades. Mas sin contar con que no soy tan presumido que vaya a prometer cosas extraordinarias, ni abrigo el vano pensamiento de imaginar que deba el público interesarse mucho con mis propósitos, no tengo tampoco tan rebajada el alma como para aceptar de nadie un favor que pudiera creerse que no he merecido.

Todas estas consideraciones juntas fueron la causa de que no quisiese, hace tres años, divulgar el tratado que tenía entre manos, y que resolviese no publicar durante mi vida ningún otro de índole tan general ni por el cual se pudieran entender los fundamentos de mi física. Pero ha habido después otras dos razones que me han obligado a insertar aquí algunos ensayos particulares y dar al público cuenta de mis acciones y designios. La primera es que de no hacerlo muchos que conocen mi intención anterior de hacer imprimir algunos escritos podrían figurarse que las causas de que me abstuviera de publicarlos fueran más desfavorables para mí de lo que realmente son; porque aunque no amo excesivamente la gloria y hasta me atrevo a decir que la odio, por considerarla contraria a la tranquilidad, que estimo sobre todas las cosas, tampoco he tratado nunca de ocultar mis acciones como si fueran delitos ni he usado de muchas precauciones para permanecer desconocido, tanto porque hubiera creído perjudicarme como porque esto me hubiera dado cierta especie de inquietud que sería contraria a la tranquilidad de espíritu que busco. Y como, siéndome indiferente ser conocido o no, he podido impedir que haya adquirido alguna reputación, he pensado que debía hacer todo lo que pudiera para evitar al menos que tal reputación fuera mala. La otra razón que me ha

obligado a escribir esto es que, viendo aumentar cada día el retraso que sufre mi intento de instruirme debido a una infinidad de experiencias que me son necesarias, y que me es imposible hacer sin ayuda de otro, aunque no me halaga la esperanza de que el público tome gran parte en las cosas que me interesan tampoco quiero abandonarme de tal modo que dé motivo a los que que me sobrevivan para reprocharme alguna vez que hubiera podido dejarles muchas cosas mejores de las que les he dejado, si no me hubiera descuidado tanto en darles a conocer en qué forma podían contribuir a mis propósitos.

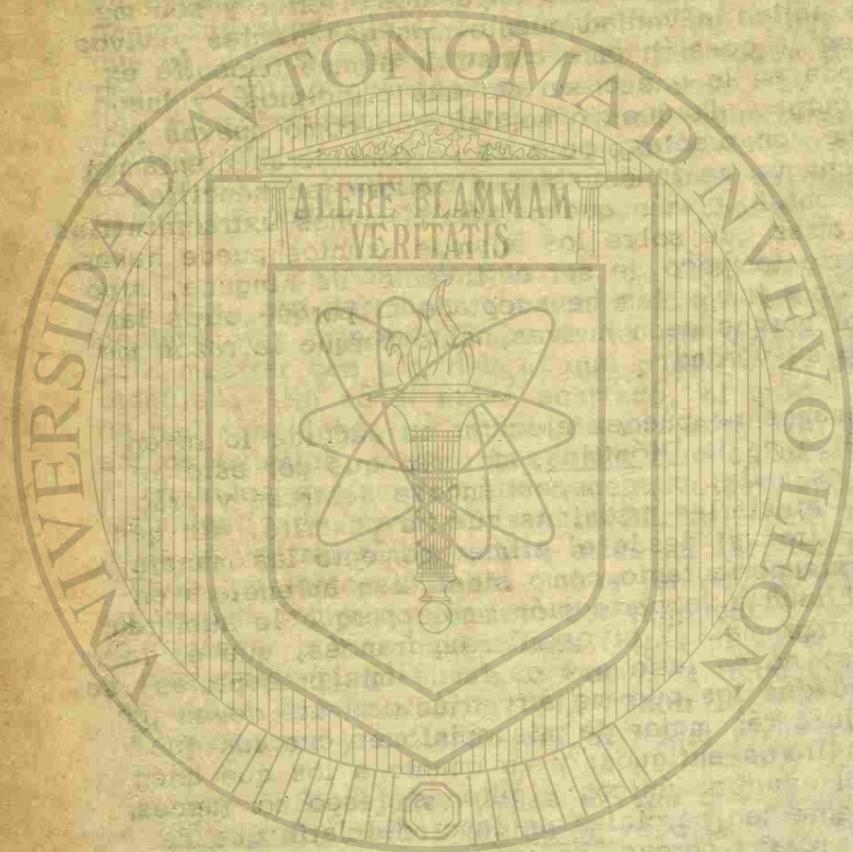
He pensado que me era fácil escoger algunas materias que, sin dar lugar a muchas controversias ni obligarme a declarar mis principios más de lo que quiero, fueron suficientes para mostrar con claridad lo que puedo o no puedo hacer en las ciencias. No sé si habré acertado, ni quiero prevenir el juicio de nadie hablando yo mismo de mis escritos, pero celebraré que se los examine, y para que haya muchas ocasiones de ello suplico a los que tengan que hacerme objeciones que se tomen la molestia de enviárselas a mi librero, para que me las transmita, y yo trataré de unir a ellas mi respuesta. De este modo, viendo los lectores ambas cosas juntas, podrán juzgar mejor de su verdad, pues no prometo dar respuestas largas, sino tan solo confesar con franqueza mis faltas si es que las encuentro; o bien decir simplemente lo que crea necesario para defender las cosas que he escrito, sin añadir la explicación de ninguna materia nueva y evitando así el pasar sin fin de una en otra.

Si algunas cosas de las que hablo al comienzo de la Dióptrica y de los Meteoros resultan chocantes a primera vista, debido a que las llamo suposiciones y parece que no tengo ganas de probarlas, téngase la paciencia de leer la totalidad con atención y espero que se quedará con ello satisfecho; pues me parece que las razones se enlazan en una sucesión tal, que así como las últimas son demostradas por las primeras, que son sus causas, éstas lo son recíprocamente por aquéllas, que son sus efectos. Y no hay que imaginar que por ello cometo la falta que los lógicos llaman círculo vicioso, porque al mostrar la experiencia que la mayor parte de estos efectos son muy ciertos, las causas de que los deduzco sirven más para explicar los que para probarlos, y, en cambio, dichas causas quedan probadas por tales efectos. Las he llamado suposiciones únicamente para que se sepa que creo poder deducirlas de aquellas primeras verdades que antes expliqué, pero que no he querido hacerlo expresamente para impedir que ciertos espíritus -que se imaginan saber en un día todo lo que otro ha pensado en veinte

años, solamente con que se les diga dos o tres palabras acerca de ello, y que están tanto más expuestos a errar y son menos capaces de hallar la verdad cuanto más penetrantes y vivos son-, aprovechen la ocasión para construir alguna filosofía extravagante fundada en lo que creen ser mis principios, y luego se me eche la culpa. Porque yo no defiendo como nuevas las opiniones que me son propias, pues si se consideran atentamente las razones en que se fundan se las hallará tan sencillas y conformes al sentido común que parecerán menos extraordinarias y extrañas que otras que sobre los mismos asuntos puede haber. Y no me vanaglorio tampoco de ser el inventor de ninguna, sino más bien afirmo que jamás las he aceptado ni porque otros las hubieran dicho ni porque sean nuevas, sino porque la razón me ha persuadido de su verdad.

Si los artesanos no pueden ejecutar en seguida la invención que se explica en la Dióptrica, no creo que por esto se pueda decir que es mala, pues necesitándose destreza y práctica para hacer y ajustarlas máquinas que he descrito, sin que falte ningún requisito, si desde el primer momento las manejan bien, me sorprendería tanto como si alguien aprendiera en un día a tocar el laúd a la perfección, sólo porque le hubieran dado un buen pentagrama. Y si escribo en francés, que es la lengua de mi país, no en latín, que es la de mis preceptores, se debe a que espero que los que me sirven únicamente de su propia razón natural juzgarán mejor de mis opiniones que los que solo creen en los libros antiguos: y en cuanto a los que unen al buen sentido el estudio, únicos a quienes deseo por jueces, no serán seguramente tan parciales en favor del latín que se niegan a oír mis razones porque las expongo en lengua vulgar.

Por lo demás, no quiero ocuparme aquí en particular de los progresos que espero hacer en el porvenir en las ciencias, ni hacer promesas al público que no esté seguro de cumplir. Diferé tan sólo a que he resuelto dedicar el tiempo que me queda de vida a tratar de adquirir algún conocimiento de la naturaleza, tal que puedan deducirse de él algunas reglas aplicables a la medicina, más seguras que las que existen hasta el presente; y que mi inclinación me aparta de tal modo de otros intentos -principalmente de aquellos que para ser útiles a los unos han de perjudicar a los otros- que si alguna circunstancia me obligara a preocuparme de ellos creo que no sería capaz de conseguir un buen resultado. Sé, bien que esta declaración que aquí hago no ha de servir para darme importancia en el mundo, pero tan poco deseo tenerla, pues más obligado me consideraré con aquellas personas que me permitan gozar de mi ocio sin obstáculos, que con los que me ofrezcan los empleos más honrosos de la tierra.



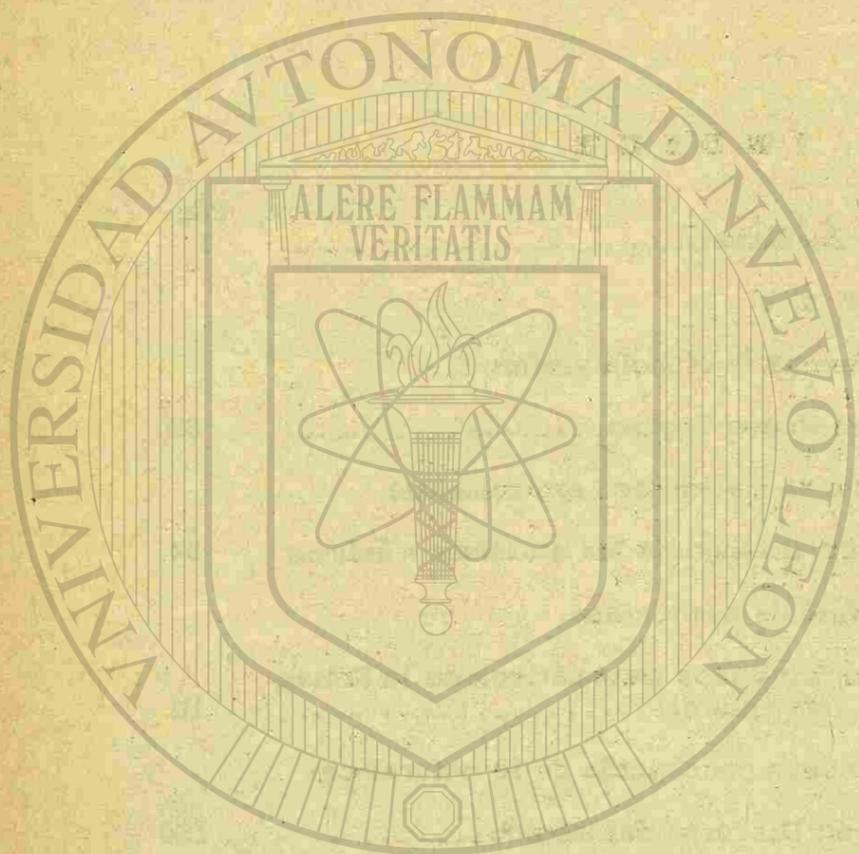
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

I N D I C E

Ensayo (John D. Bernal).....	Pág. 1
L e c t u r a s	
Tema A: La idea de la ciencia moderna.	
Francis Bacon: Nuevo Organo.....	63
Tema B: El método matemático experimental	
Galileo Galilei: Diálogo de los sistemas máximos	84
Tema C: La síntesis newtoniana	
Isaac Newton: Principios matemáticos de la Filosofía natural.....	111
Tema D: Una nueva concepción de la naturaleza.	
René Descartes: Discurso del método.....	130



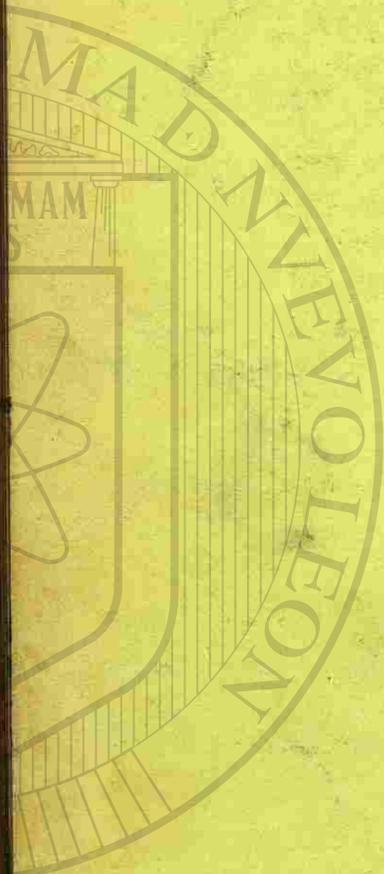


Se terminó de imprimir en la Sección  
de Impresos de la Facultad de Eco-  
nomía de la Universidad de Nuevo  
León el día 19 de marzo de 1964,  
Abasolo 907 Oriente, Monterrey  
N. L., México. La edición es-  
tuvo bajo el cuidado del Profe-  
sor Arturo Cantú y consta de  
1350 ejemplares.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



U A N

IDAD AUTÓNOMA DE NUEVO

CCIÓN GENERAL DE BIBLIOTEC