

# **GALILEO, LA OBSERVACIÓN DE LA NATURALEZA Y LA EXPERIMENTACIÓN**

**Arturo Rocha Felices**  
Profesor Emérito de la  
Universidad Nacional de Ingeniería  
Lima, Perú

Este artículo apareció originalmente en la revista PUENTE,  
publicación del Colegio de Ingenieros del Perú- Consejo Nacional  
en su número 52, año XIV, marzo 2019.

Director: Juan Incháustegui Vargas+

Editor: Lorenzo Osores

# GALILEO

## LA OBSERVACIÓN DE LA NATURALEZA Y LA EXPERIMENTACIÓN

Arturo Rocha Felices

*Eppur si muove*  
Galileo

### LA CIENCIA DE LA ÉPOCA

LA PRIMERA MITAD DEL SIGLO XVII SE CARACTERIZA EN EL MUNDO CIENTÍFICO POR LA GRAN IMPORTANCIA QUE SE DIO A LA OBSERVACIÓN DE LA NATURALEZA Y POR LA INTRODUCCIÓN DEL MÉTODO EXPERIMENTAL. TODO ESTO REPRESENTÓ UN FUERTE CONTRASTE CON LOS SIGLOS PRECEDENTES EN LOS QUE EL CONOCIMIENTO ERA REPETITIVO. LA VERDAD PROVENÍA DE LO QUE DIJO ALGUIEN, EN CUYA AUTORIDAD SE CREÍA, NO DE LA COMPROBACIÓN O DE LA EXPERIMENTACIÓN. PODRÍA RESUMIRSE EN EL FAMOSO MAGISTER DIXIT. NADIE PODÍA DUDAR O CRITICAR.

**L**a gran figura, la más notable de esa época, fue sin duda Galileo Galilei, quien nació y murió en Toscana, Italia (Pisa 1564 - Arcetri 1642). Estudió inicialmente filosofía y medicina en la Universidad de Pisa. Más tarde fue

profesor en la Universidad de Padua. Él y su obra fueron verdaderamente revolucionarios en el campo científico. Sus aportes y trabajos dan una clara idea de lo que significa Galileo en la historia de la ciencia.



ALBERTO DURERO  
1494-1528  
Retrato de un hombre con un libro y una pluma  
Óleo sobre lienzo



Andreas Cellarius, Sistema copernicano del Harmonia Macrocósmica (1660).

Galileo se formó dentro de las ideas aristotélicas. Estudió griego y latín; inicialmente medicina, pero lo atrajeron las matemáticas. Cuando era todavía muy joven empezó a dudar de las ideas de Aristóteles en lo que a la Física respecta. Más tarde se convirtió en un ardiente defensor del heliocentrismo.

Al estudiar el pensamiento de Galileo es muy útil tener presente la gran importancia que le dio a la observación de la Naturaleza y de todo lo que estaba frente a él. Al respecto escribió:

«La ciencia está escrita en el más grande de los libros, abierto permanentemente ante nuestros ojos, el Universo, pero no puede ser comprendido a menos de apren-

der a entender el lenguaje y a conocer los caracteres con que está escrito. Está escrito en lenguaje matemático...».

### LA FÍSICA

Como se ha dicho Galileo era un apasionado de la observación y de la experimentación. En 1583, cuando apenas tenía 19 años obtuvo las leyes del isocronismo pendular, inspirándose en el movimiento de las lámparas de la catedral de Pisa, su ciudad natal.

Galileo es considerado el creador de la Resistencia de Materiales como una ciencia de la ingeniería. Galileo se preocupó también por conocer la velocidad de la luz y consideró que era finita, aunque, ciertamente por las limitaciones tecnológicas de la época, no pudo

medirla, pero intentó hacerlo. En este punto estuvo en abierta oposición al famoso filósofo y matemático Descartes, creador de la Geometría Analítica, quien apostó toda su filosofía en favor de la velocidad infinita de la luz. Y perdió. Con Galileo nació en la ciencia el método experimental y empezó la Revolución Científica, la que se caracterizó por unir la matemática y la experimentación.

Galileo se interesó por resolver un antiguo problema en cuya solución no se había avanzado nada desde los tiempos de Arquímedes. Se trataba de saber si un determinado cuerpo puesto en un líquido, flotaría o se hundiría. Por esa época se creía que dependía de su forma. Galileo estudió el problema y decidió hacer un experimento que ha sido descrito por James Jeans en su *Historia de la Física*:

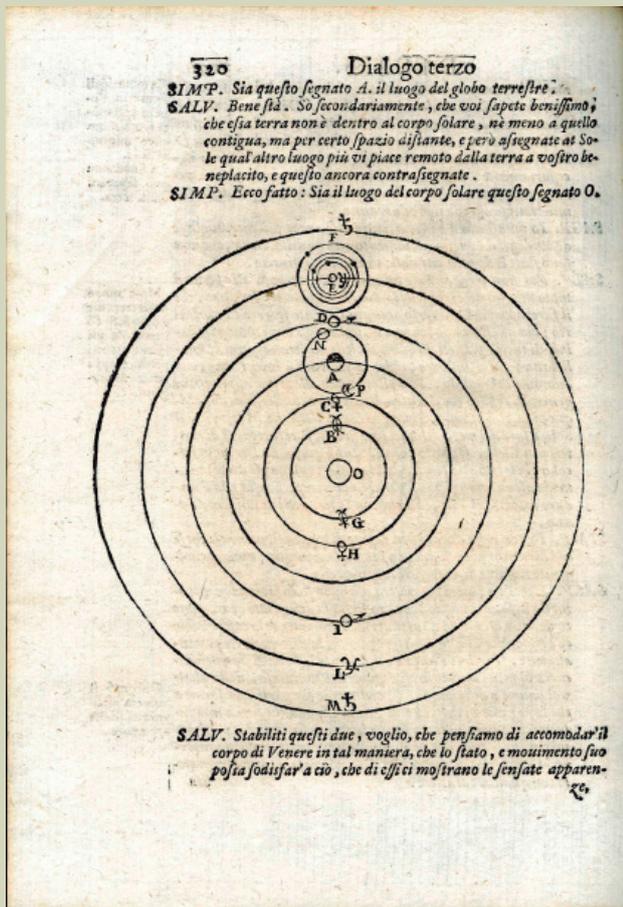
«Galileo entonces realizó un experimento magníficamente sencillo que fijó la cuestión de una vez y para siempre. Puso una bola de cera sumergida en el fondo de una vasija llena de agua y luego aumentó

la densidad del líquido añadiéndole sal. Cuando la densidad llegó a determinado valor, se vio que la bola de cera se elevó y quedó flotando en la superficie del líquido. Por consiguiente, un cuerpo no se hundía o flotaba según su forma, sino de acuerdo con la relación entre su densidad relativa al fluido en que estaba sumergido».

Podría recordarse acá unas palabras de Leonardo: «La sabiduría es hija de la experiencia». Si bien es cierto que Leonardo y algunos otros realizaron algunos trabajos experimentales con el agua, se puede afirmar sin duda que la Hidráulica Experimental comenzó propiamente con Galileo y continuó desarrollándose en los siglos siguientes. Sus ideas fueron muy útiles para comprender el movimiento del agua, los fenómenos involucrados y, muchos años más tarde, para el desarrollo de los modelos hidráulicos. En el Perú el Laboratorio Nacional de Hidráulica empezó a funcionar en 1964. El primer modelo hidráulico estudiado fue la rápida y el colchón dissipador de Cerro Mulato (Proyecto Tinajones).



Galileo en el Senado veneciano, 1609.



Diálogo

Galileo se preocupó más por saber cómo ocurren los fenómenos antes que averiguar por qué ocurren. Ejemplo típico es el de la caída de los cuerpos. Para Aristóteles los cuerpos caen porque tienden a ocupar su lugar natural que es el centro de la Tierra y del Universo. En cambio, Galileo se interesó por averiguar las leyes que rigen la caída de los cuerpos para lo cual habría dejado caer objetos desde la famosa torre inclinada de Pisa y efectuado las mediciones correspondientes. Estableció la existencia del movimiento uniformemente acelerado.

## GALILEO Y LA ASTRONOMÍA

No puede dejar de mencionarse los aportes de Galileo a la astronomía. Si bien Galileo no fue el inventor del telescopio, fue el primero que lo usó y perfeccionó para fines astronómicos. En 1609 Galileo construyó un telescopio basándose en la noticia de que en Holanda habían construido un anteojo que permitía ver «cercanas las cosas lejanas». La primera idea fue que este anteojo sería útil en acciones bélicas, como por ejemplo para ver acercarse a los barcos enemigos. Galileo comprendió su importancia para la astronomía e hizo grandes descubrimientos, algunos de ellos mencionados más adelante.

A Galileo se le considera el «padre de la astronomía moderna», aunque por lo novedoso de su pensamiento debería serlo de la Física. Galileo observó que el Sol tenía manchas, que la Luna tenía montañas, cuya altura calculó, que el planeta Venus tenía fases como las de la Luna, y que Júpiter, el gigante del sistema solar, tenía cuatro satélites.

Galileo publicó en 1610 el resultado de sus observaciones astronómicas en el libro *Sidereus Nuncius*, *El mensajero celeste*. Todo esto chocó terriblemente con el espíritu científico y religioso de la época en la que se creía que los cambios solo podían ocurrir en el mundo sublunar. El Sol no podía tener



Telescopio de Galileo.

manchas, ni la Luna montañas. El texto fue muy combatido y se alegó que lo observado se debía a defectos del anteojo astronómico utilizado.

Particularmente importante fue el descubrimiento que hizo Galileo de los satélites de Júpiter. Esto afianzó aún más su convencimiento de que la Tierra se movía alrededor del Sol. Júpiter y sus cuatro satélites eran un sistema parecido al solar. Su heliocentrismo y la ratificación de la teoría de Copérnico resultaron evidentes para los verdaderamente científicos de la época; sin embargo, la Inquisición no compartió estas ideas y Galileo fue sospechoso de herejía. El 5 de marzo de 1616 la Inquisición declaró que la teoría heliocéntrica de Copérnico no concordaba con las Santas Escrituras y prohibió su difusión.

La gran discusión que hubo sobre los dos grandes sistemas: El heliocéntrico o copernicano y el geocéntrico o tolemaico tenía como cuestión fundamental que este último era en realidad antropocéntrico. Se

le llama así en recuerdo de Claudio Tolomeo (o Ptolomeo), astrónomo, matemático y geógrafo greco-egipcio del siglo II. Construyó una representación del mundo en la que la Tierra ocupaba el centro del Universo. Se trató del llamado sistema ptolemaico, tolemaico o geocéntrico.

## CUESTIONES COSMOLÓGICAS

Galileo fue un firme defensor del movimiento de la Tierra alrededor del Sol, tal como había sido expuesto por Copérnico en su libro *De revolutionibus orbium coelestium* (*Sobre las revoluciones de las esferas celestes*) el año 1543.

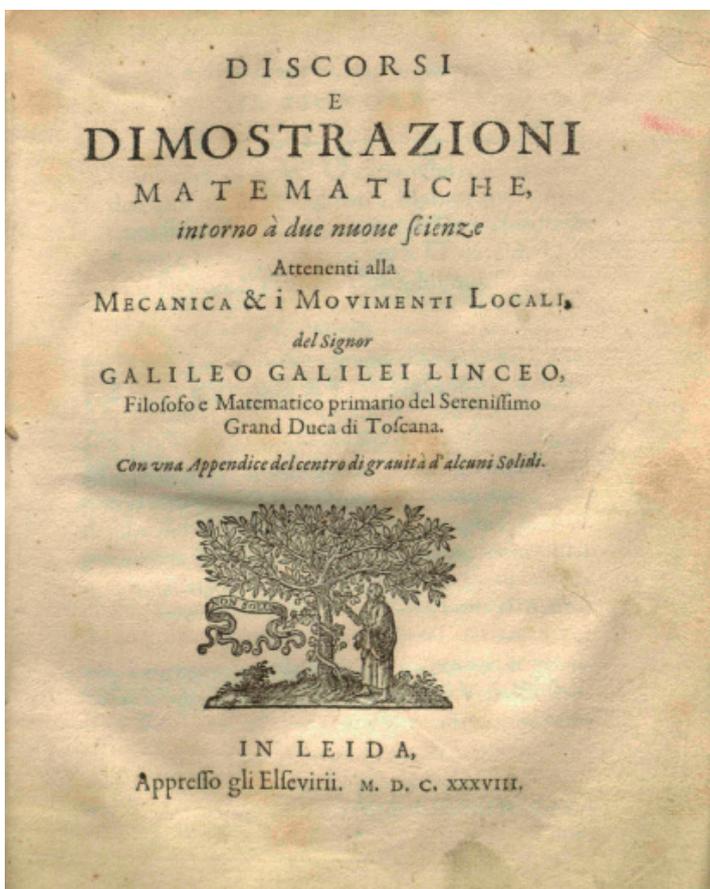
Galileo, con su libro *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo, ptolemaico y copernicano* (1632) desató las iras de la Santa Inquisición y originó un proceso en su contra. Con respecto a lo sostenido por Galileo, la Inquisición señaló en su acusación que:

«La primera proposición, que el sol es el centro y no se mueve alrededor de la tierra, es necia, absurda, falsa en teología, y herética porque es precisamente contraria a la Sagrada Escritura».

«La segunda proposición, que la tierra no es el centro, sino que se mueve alrededor del sol, es absurda, falsa en filosofía y desde el punto de vista teológico al menos, opuesta a la verdadera fe».

Galileo fue condenado a prisión perpetua, pero la intervención de su antiguo amigo el cardenal Barberini, por entonces papa Urbano VIII, logró que previa abjuración se le conmutase la pena.

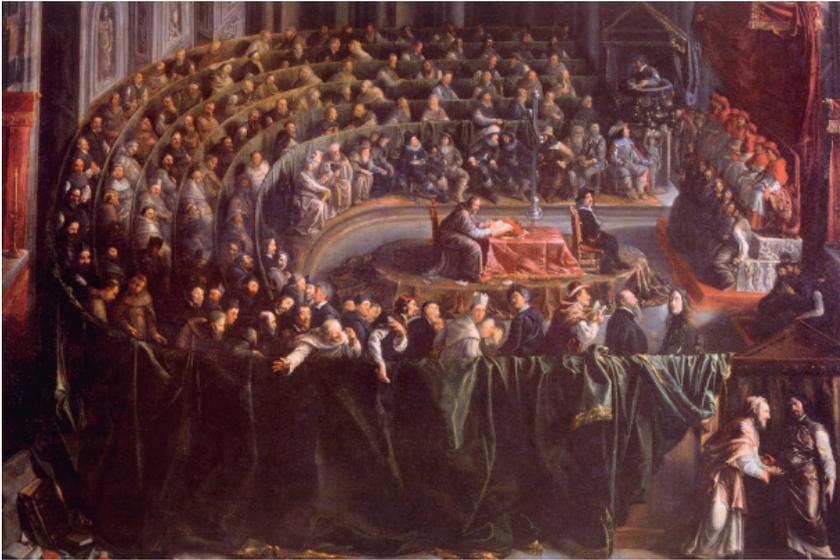
El proceso terminó en julio de 1633 con la famosa abjuración de Galileo, quien anciano, enfermo y casi ciego se retractó de «haber creído en la absurda teoría de que la Tierra se movía». Se cuenta que luego de abjurar lanzó la famosa frase, que cierta o no, refleja lo más íntimo de su pensamiento: «*Eppur si muove*» («Sí, pero se mueve»). La pena fue conmutada por la de arresto



Discorsi e Dimostrazioni Matematiche Intorno a Due Nuove Scienze de Galileo Galilei.



Galileo Galilei, Óleo de Peter Paul Rubens.



Galileo frente a la inquisición.

domiciliario de por vida y la prohibición de difundir sus ideas sobre el movimiento de la Tierra. Eran tiempos difíciles para aquellos que planteaban algo nuevo y diferente a lo que se consideraba la verdad. Giordano Bruno fue condenado a la hoguera en la que murió el año 1600 por «apóstata, hereje, impenitente, pertinaz y obstinado». Entre sus «herejías» estaba la de afirmar que el Sol era solo una estrella más y que la Tierra se movía alrededor de él.

Por decreto pontificio del 16 de abril de 1757 se declaró nula la prohibición de 1616 de difundir el sistema copernicano. En 1820 se publicó un libro sosteniendo abiertamente el movimiento de la Tierra alrededor del Sol.

Los desastres causados por fenómenos naturales, como a los que ahora se les llama «El Niño», se consideraban en esa época como una expresión de una voluntad divina. ¿Por qué buscarles otra interpretación? Hacerlo fue iniciar la Revolución Científica.

## REFLEXIONES FINALES

Desde las primeras décadas del siglo XVI agudos observadores notaron que los años fuertemente lluviosos de la costa norperuana coincidían con el predominio de los vientos del norte, a los que en esa época llamaban simplemente Nortes. Observaron también que en esos años lluviosos y cálidos el tiempo de viaje por

barco (a vela) de Panamá al Callao era menor que el usual. Años después este hecho se confirmó y explicó dentro de la comprensión de «El Niño». La observación de la Naturaleza para obtener conocimiento existía desde hacía mucho tiempo, pero fue Galileo quien le dio rango científico.

Siglos después, como lo habría hecho Galileo, Walker observó lo que ocurría con las presiones atmosféricas a uno y otro lado del Pacífico. Empezó así a identificar lo que luego llamó la Oscilación Sur y a comprender el Fenómeno El Niño.

El resto es historia.

Mirar lo que ocurre en la Naturaleza es imprescindible para conocerla. Hoy se dispone de recursos tecnológicos inmensos para observar e interpretar el mundo natural. ¡Que el pensamiento de Galileo permanezca presente! Observar es aprender. Mientras más sólida sea la formación del observador, mayor conocimiento se obtendrá.

¿Es que nadie ha observado que los ríos de la costa norperuana han sufrido en los últimos cinco siglos una agresión extraordinaria? Se ha deforestado y maltratado sus cuencas, se ha estrechado sus cauces, se ha ocupado sus áreas naturales de inundación, se les ha cortado los brazos, muchas veces se les ha convertido en desarenadores, y se les ha hostilizado del modo más increíble posible.

Los ríos como parte de la Naturaleza hablan, y lo hacen en lenguaje matemático. Hay que escucharlos: Cada caudal necesita un álveo, disminuirlo es pretender luchar contra la Naturaleza.

Que el ejemplo de la gran capacidad de observación de Galileo y su creencia en la experimentación estén presentes cada día en los peruanos que trabajan con la Naturaleza.\*