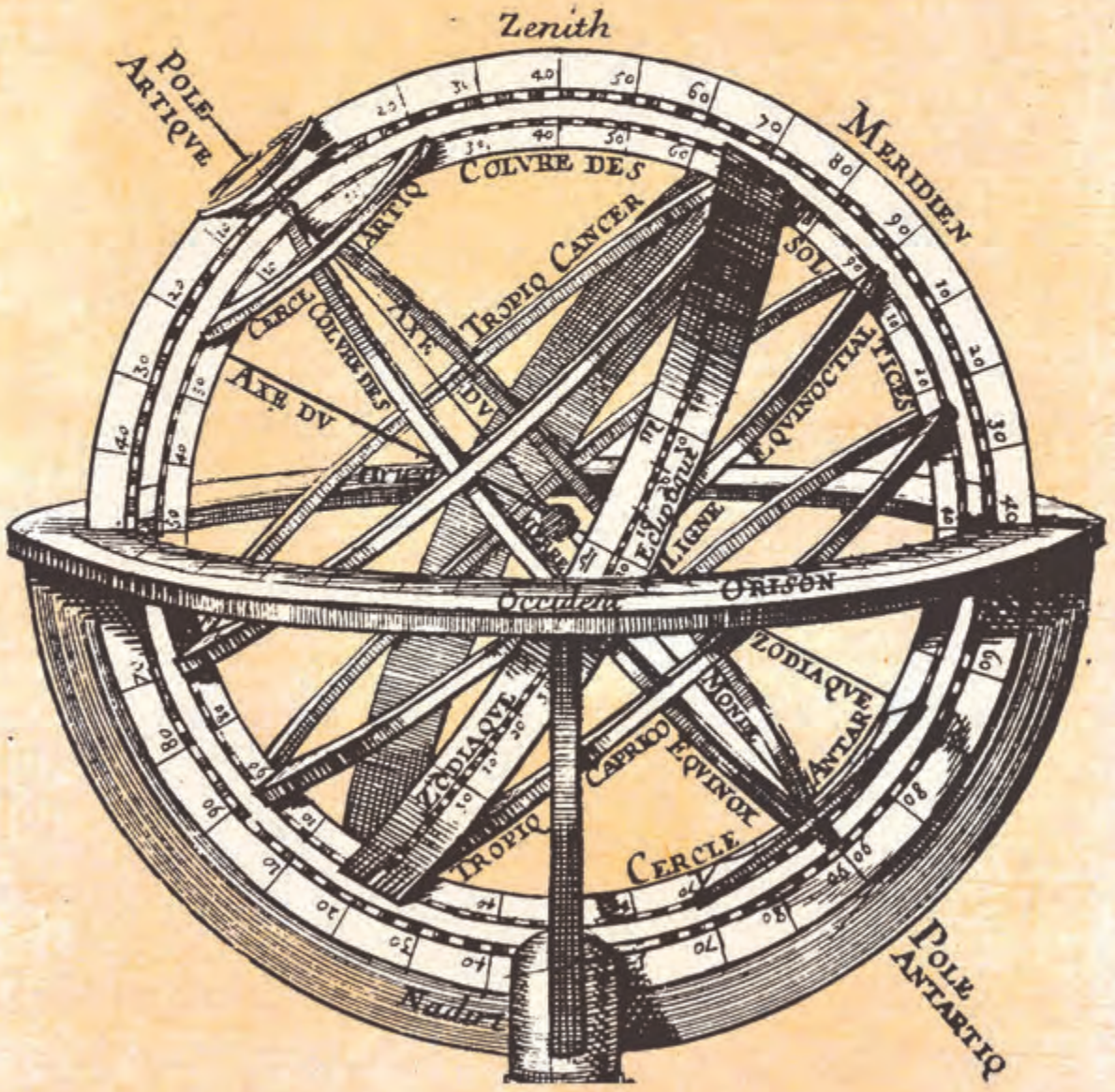
De La

Tierra

a La

Esfera Celeste

David Barrado Navascués



INTA

De la Tierra a la Esfera Celeste

David Barrado Navascués

INTA

CATÁLOGO GENERAL DE PUBLICACIONES OFICIALES
http/www.publicacionesoficiales.boe.es

Los derechos de esta obra están amparados por la Ley de Propiedad Intelectual. No podrá ser reproducida por medio alguno, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, sin permiso previo de los titulares del © Copyright.

© Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial
«Esteban Terradas» (INTA)

Edita:

NIPO:
Impreso: 078-14-006-6
En línea: 078-14-005-0

Depósito Legal: M-31696-2014

Diseño y Arte: Vicente Aparisi

Tirada: 1000 ejemplares
Fecha de edición: noviembre 2014

Imprime: Imprenta Nacional del Boletín Oficial del Estado.

«Nec fasces nec opes, Sola Artis sceptra perennant» [1]

Tycho Brahe

1.- «Ni los honores ni las riquezas: solo la perfección de la obra es lo que sobrevivirá», en su epitafio.

Dedicatoria

A Iñaki, Anabel y Mariní,
por su fortaleza y ejemplo.
A todos los que luchan contra un cáncer.

También para Eva, Susana, Carlos, Maleni, Angelines, Víctor y Mari.

Índice

- ÍNDICE DE FIGURAS 10
- AGRADECIMIENTOS 14
- PROEMIO 16
- HÉROES, DIOSES Y CONSTELACIONES: ASTERISMOS Y CATASTERISMOS 18
- NAVEGACIÓN Y ASTRONOMÍA EN LA PENUMBRA DE LOS TIEMPOS REMOTOS 20
- ERATÓSTENES: EL SEGUNDÓN QUE PUSO LÍMITES A LA TIERRA 22
- EL CÓDIGO DE ARQUÍMEDES O ARQUÍMEDES COMO PALIMPSESTO 25
- BIBLIOTECAS DE LA ANTIGÜEDAD: EL LEGADO DEL MUNDO CLÁSICO 28
- HIPATIA DE ALEJANDRÍA: EL FIN DEL CLASICISMOS GRECOLATINO 31
- MONASTERIOS, ESCUELAS DE TRADUCTORES Y UNIVERSIDADES: SUPERVIVENCIA CULTURAL EN LAS EDADES OSCURAS 32
- HISTORIA DE UN COMETA: LA ESTRELLA DE BELÉN, EL TAPIZ DE BAYEUX Y GIOTTO 35
- OMAR JAYYAM: ASTRÓNOMO, MATEMÁTICO, FILÓSOFO, POETA 36
- DE NÚMEROS Y CALIGRAFÍAS 38
- LA ESPADA Y EL CUADRANTE: TIMUR Y ULUGH BEG 39
- LA REPÚBLICA DE LAS LETRAS 41
- EL OCÉANO PACÍFICO: ALGO MÁS QUE EL «LAGO ESPAÑOL» 43
- NO TAN OBVIO: LA TIERRA ROTA Y REVUELVE O EL HELIOCENTRISMO DESDE ARISTARCO HASTA COPÉRNICO 51
- TYCHO BRAHE: ESTRELLAS Y HOMBRES NUEVOS 56
- LA INMOVILIDAD DE LA TIERRA, LA CONDENA DE LAS TEORÍAS DE COPÉRNICO Y LAS TRIBULACIONES DE GALILEO 59
- UN ASTRÓNOMO LLAMADO CERVANTES: EL NOMBRE DE LOS SATÉLITES JOVIANOS 62

- CULTURA: ¿CIENCIA VERSUS HUMANIDADES? 66
- MIDIENDO LA VELOCIDAD DE LA LUZ 67
- LA MEDIDA DE LA LONGITUD DE SUR A NORTE: DESDE IBERIA A ALBIÓN 68
- UNA CUESTIÓN NACIONAL: PÉNDULOS, LA FORMA DE LA TIERRA Y LA GRAVEDAD 85
- PIRATAS CELESTES: NEWTON, HALLEY Y EL «ABORDAJE» DEL BUQUE INSIGNIA DE FLAMSTEED 90
- TRÁNSITOS PLANETARIOS Y EL TAMAÑO DEL SISTEMA SOLAR 91
- LAS DESVENTURAS DE UN ASTRÓNOMO 94
- POLICÍA CELESTE Y FILÓSOFOS: CERES Y SU «IMPOSIBLE» EXISTENCIA 95
- SIMETRÍAS: CREANDO CONTINENTES 97
- NUEVOS LÍMITES PARA EL SISTEMA SOLAR: LOS DESCUBRIMIENTOS DE URANO Y NEPTUNO 100
- ¿QUÉ ES UN PLANETA? 105
- EL ESTRECHO ANIÁN: EL MÍTICO PASO DE NOROESTE 107
- CARTÓGRAFOS Y EXPLORADORES: PTOLOMEO Y LAS FUENTES DEL NILO 112
- LOS ANILLOS DE URANO Y OTROS CASOS DE SERENDIPIA 115
- ANTROPÓLOGOS, MISIONEROS, MITOS Y FALSARIOS: SIRIO, LAS ENANAS BLANCAS Y LOS DOGON 117
- NAVEGACIÓN INTERESTELAR: MENSAJES EN BOTELLAS LANZADAS AL OCÉANO DE LA GALAXIA 119
- LA TRANSMISIÓN DE LA CULTURA: REVOLUCIONES, SESGOS CULTURALES Y SOPORTES FÍSICOS 120
- EPÍLOGO 124
- ALGUNAS LECTURAS SUGERIDAS 125

Índice de figuras

FIGURA 1. «ASÍ QUE NADIE ES SABIO SI NO DOMINA LAS ESTRELLAS». JERÓNIMO GIRAVA, 1570. 17
FIGURA 2. COSMÓGRAFO TOMANDO MEDIDAS EN UN GLOBO TERRESTRE, 1693. 17
FIGURA 3. PERSEO, CON LA CABEZA DE LA MEDUSA, SEGÚN BAYER EN 1603. 18
FIGURA 4. LA NUEVA CONSTELACIÓN DEL SEXTANTE, SEGÚN HEVELIUS, CUYO ATLAS ES DE 1687. 19
FIGURA 5. PLANISFERIO DEL HEMISFERIO AUSTRAL, PUBLICADO EN 1763 POR LACAILLE. ... 20
FIGURA 6. EL DERROTERO DE ULISES, DESCRITO EN «LA ODISEA», SEGÚN E.H. BUNBURY, 1879. 21
FIGURA 7. HORIZONTE MARINO DEBIDO A LA ESFERICIDAD DE LA TIERRA, 1545. 22
FIGURA 8. LA TIERRA, SEGÚN ERATÓSTENES EN EL SIGLO III ANTES DE LA ERA COMÚN. ... 22
FIGURA 9. GRABADO DE UNA ESFERA ARMILAR, 1683. 23
FIGURA 10. EXPOSICIÓN DEL MÉTODO DE ERATÓSTENES PARA CALCULAR LAS DIMENSIONES DE LA TIERRA, PUBLICADO EN 1543. 23
FIGURA 11. MAPAMUNDI DE POSIDONIO DE APAMEA, CORRESPONDIENTE AL SIGLO II ANTES DE LA ERA COMÚN, IMPRESO EN 1628. 24
FIGURA 12. UN FOLIO DEL PALIMPSESTO DE ARQUÍMEDES, FOTOGRAFIADO EN LUZ VISIBLE. 26
FIGURA 13. LA MISMA PÁGINA DESPUÉS DE SU TRATAMIENTO DIGITAL. 27
FIGURA 14. PLANO DEL LA VILLA DE LOS PAPIROS DE HERCULANO, TRAS LAS EXCAVACIONES DEL SIGLO XVIII. 28
FIGURA 15. FACSÍMIL DE UN PAPIRO RECUPERADO EN EL SIGLO XIX EN HERCULANO. 29
FIGURA 16. PAPIRO CARBONIZADO PROVENIENTE DE LA VILLA DE LOS PAPIROS, EN HERCULANO. 30
FIGURA 17. MAPA DE LA CIUDAD DE ALEJANDRÍA EN EL SIGLO XIX SUPERPUESTO AL TRAZADO HELENÍSTICO. 31
FIGURA 18. GRABADO DE O. VON CORVEN DE LA BIBLIOTECA DE ALEJANDRÍA, EJECUTADO EN EL SIGLO XIX. 32
FIGURA 19. UN ECLIPSE SOLAR, SEGÚN JUAN DAMASCENO, QUE VIVIÓ EN EL SIGLO VIII, EN UN MANUSCRITO EN GRIEGO DEL SIGLO XIII PROCEDENTE PROBABLEMENTE DE CONSTANTINOPLA. 33
FIGURA 20. MANUSCRITO EN LATÍN CON UNA OBSERVACIÓN ASTRONÓMICA DEL AÑO 798. 33
FIGURA 21. EVOLUCIÓN DE LA TIPOGRAFÍA. 34
FIGURA 22. LAS FASES DE LA LUNA SEGÚN JOHANNES DE SACROBOSCO, QUE VIVIÓ EN EL SIGLO XIII, EN UN MANUSCRITO DE LA PRIMERA MITAD DEL SIGLO XV. 34
FIGURA 23. SECCIÓN DEL TAPIZ DE BAYEUX QUE DESCRIBE LA BATALLA DE HASTING EN 1066. 35
FIGURA 24. PRIMERA PÁGINA DE UN MANUSCRITO DE OMAR JAYYAM, SIN TÍTULO. 36
FIGURA 25. «ALGORISMUS», DE JOHANNES DE SACROBOSCO, QUE FUE ESCRITO ALREDEDOR DEL AÑO 1225, EN MANUSCRITO DEL MEDIADOS DEL SIGLO XVI. 38
FIGURE 26. EJEMPLOS DE NÚMEROS CORRESPONDIENTES A DIVERSOS AUTORES EN DISTINTOS MOMENTOS. 38
FIGURA 27. EL MAUSOLEO DE TIMUR Y ULUGH BEG, EN SAMARCANDA. 39
FIGURA 28. WALTERUS, TYCHO BRAHE, ULUGH BEG, TIMOCARES DE ALEJANDRÍA, HIPARCOS, PTOLOMEO, AL-BATTANI, REGIOMONTANO Y COPÉRNICO. 40

FIGURA 29. LO QUE RESTA DEL CUADRANTE MURAL DEL OBSERVATORIO DE ULUGH BEG. 40
FIGURA 30. EDICIÓN BILINGÜE, EN LATÍN Y PERSA, DE «TABULAE LONGITUDINIS ET TATITUDINIS STELLARUM TIXARUM EX OBSERVATIONE ULUGBEIGHI)». 41
FIGURA 31. PORTADA DEL PRIMER NÚMERO DE «JOURNAL DES SÇAVANS», DEL 5 DE ENERO DE 1665. 42
FIGURA 32. EL PLANISFERIO DE CANTINO DE 1502. 43
FIGURA 33. PADRÓN REAL O GENERAL DE DIEGO RIBERO, DE 1529. 44
FIGURA 34. EL TERRITORIO ASIGNADO A ESPAÑA POR LOS TRATADOS DE TORDESILLAS Y ZARAGOZA, EN UN MAPA PUBLICADO EN 1622. 45
FIGURA 35. BALLESTILLA Y DESCRIPCIÓN DEL USO DE LA MISMA. 45
FIGURA 36. DESCRIPCIÓN EN ESPAÑOL DEL USO DE UN ANILLO ASTRONÓMICO Y UN «EQUATORIOUM». 46
FIGURA 37. LAS INDIAS ORIENTALES EN 1622, CON EL ANTIMERIDIANO Y LAS FILIPINAS, ERRÓNEAMENTE DENTRO DEL ÁREA HISPANA. 47
FIGURA 38. INSTRUCCIONES SOBRE CÓMO MANEJAR UN ASTROLABIO, EN 1556. 48
FIGURA 39. EL MAR DEL SUR SEGÚN JOHANNES JANSSONIUS, 1682. 49
FIGURA 40. LAS RUTAS PORTUGUESAS QUEDARON AL DESCUBIERTO EN 1595. 49
FIGURA 41. MAPA DEL SURESTE ASIÁTICO, 1598. 50
FIGURA 42. LA COSMOLOGÍA HELIOCÉNTRICA DE COPÉRNICO, EN EL MANUSCRITO ORIGINAL DE «DE REVOLUTIONIBUS». 52
FIGURA 43. DIAGRAMA DE NICHOLAS DE FER, PUBLICADO EN 1699, CON LAS COSMOLOGÍAS DE PTOLOMEO, COPÉRNICO Y BRAHE. 53
FIGURA 44. PÁGINA MANUSCRITA POR COPÉRNICO, CORRESPONDIENTE AL PRIMER ORIGINAL DE «DE REVOLUTIONIBUS», CON CORRECCIONES Y EN DONDE SE CITA A ARISTARCO DE SAMOS AL INICIO DE LA LÍNEA DECIMO SEXTA. 54
FIGURA 45. «DE MAGNITUDINIBUS, ET DISTANTIIS SOLIS, ET LUNAE» DE ARISTARCO DE SAMOS, QUE VIVIÓ EN EL SIGLO III ANTES DE LA ERA COMÚN, EN UNA VERSIÓN IMPRESA EN 1572. 56
FIGURA 46. DESCRIPCIÓN DE 1532 DE UN CUADRANTE MURAL. 57
FIGURA 47. DIBUJO DE TYCHO BRAHE DE LA SUPERNOVA DE 1572. 57
FIGURA 48. PORTADA DE LA EDICIÓN PRINCEPS DE «SIDEREUS NUNCIUS», 1610. 59
FIGURA 49. PORTADA DE «DE REVOLUTIONIBUS ORBIUM COELESTIUM», POR COPERNICO, EN LA EDICIÓN INICIAL DE 1543. 60
FIGURA 50. PÓRTADA Y DOS PÁGINAS DEL «INDEX LIBRORUM PROHIBITORUM», EN SU VERSIÓN DE 1681. 61
FIGURA 51. IMAGEN DIGITALIZADA DEL ROMANCE DE "LA GITANILLA", 1613. 65
FIGURA 52. LAS SIETE ARTES LIBERALES, UN MANUSCRITO DE FINALES SIGLO XII. 66
FIGURA 53. LA MEDIDA DE LA VELOCIDAD DE LA LUZ POR ROEMER EN DICIEMBRE 1676. 67
FIGURE 54. LA TIERRA, SEGÚN HECATEO DE MILETO, QUE VIVIÓ ENTRE LOS SIGLOS VI Y V ANTES DE NUESTRA ERA. 68
FIGURA 55. EL PRIMER MAPA DEL NUEVO CONTINENTE, REALIZADO POR JUAN DE LA COSA EN 1500. 69
FIGURA 56. PORTULANO DEL SIGLO XVI, REALIZADO POR GIOVANNI OLIVA. 70
FIGURA 57. LAS RUTAS AL NUEVO MUNDO EN 1551. 70
FIGURE 58. USO DE UN CUADRANTE PARA MEDIR UNA ALTURA, SEGÚN APIANO EN 1532. 71

Índice de figuras

FIGURA 59. RELOJ DE SOL, EN 1555. 71
FIGURA 60. CÓMO ENCONTRAR LA ESTRELLA POLARIS, APIANO, 1532. 72
FIGURE 61. PÁGINAS DE «SIDEREUS NUNCIUS», PUBLICADO EN 1610 POR GALILEO GALILEI. 73
FIGURA 62. A MEDIADOS DEL SIGLO XVII SOLO UNAS CUANTAS LOCALIDADES ESTABAN SITUADAS DE MANERA «PRECISA» EN EL GLOBO TERRESTRE. 74
FIGURE 63. EL REY LUIS XIV EN LA ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES, 1671. 75
FIGURA 64. EL SISTEMA TIERRA-LUNA COMPARADO CON JÚPITER Y SATURNO, SEGÚN HUYGENS EN 1698. 76
FIGURA 65. LA MEDIDA DE LA LONGITUD DEL MERIDIANO, REALIZADA POR JEAN-FÉLIX PICARD EN 1671. 77
FIGURE 66. LA LUNA EN UNA REPRESENTACIÓN DE 1665 DE GIOVANNI BATTISTA RICCIOLI. 77
FIGURA 67. ILUSTRACIÓN DE «LA FIGURE DE LA TERRE», PUBLICADO EN 1749 POR BOUGUER Y LA CONDOMINE. 80
FIGURE 68. LAS ESTRELLAS DE LA CONSTELACIÓN DE LA OSA MENOR, SEGÚN GIOVANNI PAOLO GALLUCCI EN 1617. 82
FIGURA 69. MAPAMUNDI QUE MUESTRA LA DECLINACIÓN MAGNÉTICA PARA CADA PUNTO, SEGÚN HALLEY EN 1702. 83
FIGURE 70. DESCRIPCIÓN DEL USO DE UN NOCTURLABIO, 1548. 84
FIGURA 71. CRONÓMETRO MARINO DE PIERRE LE ROY, CONSTRUIDO EN 1766. 85
FIGURA 72. TRIANGULACIÓN, POR SNELLIUS EN 1617. 86
FIGURA 73. ILUSTRACIÓN DE «MESURE DE LA TERRE», PUBLICADO POR JEAN-FÉLIX PICARD EN 1671. 86
FIGURA 74. LA COSTA DEL PACÍFICO EN AMÉRICA DEL SUR, POR JORGE JUAN Y ANTONIO DE ULLOA EN 1743. 88
FIGURA 75. LA TRIANGULACIÓN DEL ARCO DE MERIDIANO EN EL CÍRCULO POLAR ÁRTICO PUBLICADO POR MAUPERTUIS EN 1738. 89
FIGURA 76. LA CONSTELACIÓN DE SAGITARIO, EN LA CARTA CELESTE DE JOHN FLAMSTEED DE 1729. 90
FIGURE 77. LA CONSTELACIÓN DE CÁNCER, EN EL MISMO ATLAS. 90
FIGURA 78. LA CONSTELACIÓN DE LEO, EN EL MISMO ATLAS. 91
FIGURA 79. REPRESENTACIÓN DE LAS OBSERVACIONES DEL TRÁNSITO DE VENUS DE 1639 REALIZADAS POR HORROCKS. 92
FIGURE 80. DIBUJOS DE GREEN Y COOK MOSTRANDO EL CONTACTO ENTRE VENUS Y EL SOL, CON EL EFECTO DE LA LÁGRIMA NEGRA, SEGÚN SE PUBLICÓ EN 1771. 93
FIGURA 81. DIBUJO DE LE GENTIL CON NOTAS SOBRE LOS TRÁNSITOS DE VENUS DE 1761 Y 1769. 94
FIGURA 82. LAS RUINAS DE LA CIUDAD DE PONDICHÉRY EN 1769. 94
FIGURE 83. LA DERROTA, EN EL DOBLE ACEPCIÓN, DE LE GENTIL, PUBLICADA EN «VOYAGE DANS LES MERS DE L'INDE» , VOLUMEN 2 DE 1781. 95
FIGURA 84. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DEL SISTEMA SOLAR. 95
FIGURA 85. SECUENCIA DE IMÁGENES DE CERES. 96
FIGURE 86. EL MUNDO SEGÚN EL AUTOR ROMANO POMPONIO MELA, SIGLO I, REINTERPRETADO EN 1648. 97

FIGURA 87. PÁGINA DE UN MANUSCRITO MEDIEVAL DEL TEXTO «DE NATURA RERUM» DE ISIDORO DE SEVILLA, QUIEN VIVIÓ EN EL SIGLO VII. 98
FIGURA 88. MAPAMUNDI DE ABRAHAM ORTELIUS, PUBLICADO EN 1579. 98
FIGURA 89. MAPA DEL HEMISFERIO AUSTRAL, TRAZADO EN 1739 A PARTIR DEL DE GUILLAUME DE L'ISLE Y ACTUALIZADO POR COVENS Y MORTIER. 99
FIGURA 90. MAPA DE 1906 CENTRADO EN EL POLO SUR. 100
FIGURA 91. CARTA DE BÚSQUEDA DEL OBSERVATORIO DE BERLÍN, QUE USARON GELLE Y SU ASISTENTE D'ARREST PARA DETECTAR LA «ESTRELLA INVITADA»: NEPTUNO. 102
FIGURA 92. EL NUEVO SISTEMA SOLAR EN 1885. 103
FIGURA 93. NOTAS DE GALILEO, CORRESPONDIENTES A SUS OBSERVACIONES DE LOS SATÉLITES JOVIANOS EN 1613. 105
FIGURA 94. LOS PLANETAS DEL SISTEMA SOLAR SEGÚN LA NUEVA DEFINICIÓN DE LA IAU, Y TRES PLANETAS ENANOS. 106
FIGURA 95. ILUSTRACIÓN ARTÍSTICA CON CUATRO PLANETAS ENANOS LOCALIZADOS MÁS ALLÁ DE LA ÓRBITA DE NEPTUNO: ERIS, PLUTÓN, MAKEMAKE Y HAUMEA. 106
FIGURA 96. EL SEPTENTRIÓN SEGÚN GERARDUS MERCATOR A MEDIADOS DEL SIGLO XVI. 107
FIGURA 97. MAPAMUNDI DE MARTÍN WALDSEEMÜLLER, PUBLICADO EN 1507. 108
FIGURA 98. EL POLO ÁRTICO EN 1562. 109
FIGURA 99. LA COSTA NORDESTE DE ASIA EN 1610, POR JOCONDUS HONDIUS. 110
FIGURA 100. CURIOSO MAPA DE DIDIER ROBERT DE VAUGONDY EN 1772. 110
FIGURA 101. MAPAMUNDI DE AL IDRISI DE 1152, TABULA ROGERIANA. 112
FIGURA 102. MAPA DEL CONTINENTE AFRICANO SEGÚN VAN SCHAGEN, IMPRESO EN ÁMSTERDAM EN 1689. 113
FIGURE 103. LOS VACÍOS DE ÁFRICA EN 1802. 114
FIGURA 104. UN CONJUNTO DE ANILLOS Y DE SATÉLITES DE URANO, FOTOGRAFIADOS POR EL TELESCOPIO ESPACIAL HUBBLE EN 1997. 115
FIGURA 105. EL SISTEMA DE SATÉLITES DE URANO, OBSERVADO DESDE LA TIERRA, EN DIFERENTES MOMENTOS. 116
FIGURA 106. EL TRÁNSITO DE ARIEL SOBRE EL DISCO DE URANO, JUNTO CON UNA COMPARACIÓN CON LA TIERRA Y LA LUNA A LA MISMA ESCALA. 116
FIGURA 107. IMAGEN TOMADA POR EL TELESCOPIO ESPACIAL HUBBLE DE LA NEBULOSA PLANETARIA DEL OJO DE GATO (NGC 6543). 118
FIGURA 108. OTRA IMAGEN DEL TELESCOPIO ESPACIAL HUBBLE, QUE MUESTRA EL SISTEMA BINARIO DE SIRIO, CON SUS DOS COMPONENTES A Y B. 118
FIGURA 109. DIAGRAMA CON LA REPRESENTACIÓN DEL CONTENIDO DE LA PLACA DE LAS SONDAS PIONEER 10 Y 11. 119
FIGURA 110. LAS DOS SONDAS VOYAGER TAMBIÉN INCLUYEN EL MISMO MAPA, PERO EN UNA VERSIÓN MUCHO MÁS SOFISTICADA. 120

Agradecimientos

Cómo no, agradecer a mi primera lectora y correctora, mi hermana Eva. También a Ricardo Guerrero y a Enrique Gómez por sus avizores ojos, siempre atentos a los errores. Los que restan son únicamente mi responsabilidad.

Las siguientes bibliotecas, organizaciones e iniciativas han puesto en la red textos e imágenes que han sido consultados y utilizados para la génesis de este libro. Forman parte de un intento para preservar y difundir el extraordinario patrimonio cultural, una neo-biblioteca de Alejandría, que no se encuentre sujeta a los peligros que terminaron por destruirla. Así, merecen ser citadas:

En España: la Biblioteca Virtual del Patrimonio Bibliográfico del Ministerio de Cultura, el Real Instituto y Observatorio de la Armada, el Museo Naval, la Sección de Fondo Antiguo de la biblioteca de la Universidad de Sevilla, y la Biblioteca Digital Hispánica de la Biblioteca Nacional de España.

En Alemania: Bayerische StaatsBibliothek.

En Suiza: Elecktronische Bibliothek Schweiz, que incluye a la Bibliothèque de Genève, ETH-Bibliothek Zurich, Universitätsbibliothek Basel, Universitätsbibliothek Bern y Zentralbibliothek Zürich.

En el Reino Unido de la Gran Bretaña: Bodleian Libraries de la Universidad de Oxford, y el Institute of Astronomy de la Universidad de Cambridge.

En Francia: Gallica, Bibliothèque nationale de France.

En Polonia: Biblioteka Jagiellońska, Uniwersytetu Jagiellońskiego.

En Austria: Digital Rare Book Collection de la biblioteca de Astronomía de la Universidad de Viena.

En los Estados Unidos de América: Archive.org, Biblioteca del Congreso, Getty Foundation, Digital Scriptorium, coordinado por Universidad de Berkeley, especialmente a los fondos de Universidad de Columbia y la Universidad de Yale.

En Australia, National Library of Australia.

USO DE LAS IMÁGENES

Las numerosas imágenes que aparecen en este libro provienen de numerosas fuentes. En el pie de figura se identifica, cuando es posible, la misma. Se las puede clasificar en tres grupos: únicas, como en el caso de un manuscrito o incunable; textos o láminas poco frecuentes, generalmente impresos entre el siglo XVI y el XVII; y genéricas. En el primer caso, se ha solicitado permiso para su reproducción y así se señala. En el segundo se cita el origen y se incluye la expresión «cortesía de» en el texto explicativo. En el último caso se encuentran una ingente cantidad de información que es completamente pública.

Proemio

erremos los ojos y realicemos un ejercicio con nuestra imaginación, que implica un viaje al pasado y su consiguiente regreso.

Primero, situémonos en una llanura, o mejor en lo alto de una montaña sin nada en la distancia, o sencillamente en mitad del mar. Nos encontraremos rodeados de un inmenso círculo, dominando un plano limitado por un anillo en el horizonte. Si alzamos nuestra vista, advertiremos como el Sol traza un arco en su recorrido durante el día. Tras el crepúsculo, las estrellas se nos muestran fijas las unas respecto de las otras, como sujetas a una esfera que gira en la misma dirección. Oscura de noche, celeste cuando el Sol se alza entre su orto y su ocaso. Si seguimos la evolución con las estaciones, apreciaremos como las sombras varían su longitud a mediodía, ya que el Sol se alza más o menos al llegar al meridiano: se proyectan cortas en verano, mucho más prolongadas cuando llega el frío. Los puntos por los que se muestra o se oculta el astro-rey también describen un arco según la época del año. Y la mayor parte de las estrellas solo son visibles durante la mitad del ciclo estacional, salvo algunas que parecen girar en torno a un punto inmóvil, eje de la esfera.

Pongámonos ahora en la situación de los antiguos, abandonemos todo lo que nos han enseñado. Intentemos pensar como ellos, basarnos en las experiencias directas que la naturaleza proporciona. Seamos un nómada cruzando una estepa, un agricultor neolítico o un comerciante fenicio navegando cerca de la costa mediterránea. Incluso adoptemos el papel de un sacerdote sumerio, en su zigurat mesopotámico; o un filósofo heleno, especulando desde el ágora de su polis. No, no era una locura que pensasen que la Tierra era plana. No era tampoco demencia que creyeran que estaba inmóvil, que el Sol y que el resto de los astros giraban en torno a ella.

Recorramos ahora en sentido inverso ese camino ilusorio. Acompañemos a los descubridores que desde el origen de la civilización han ido indagando sobre la esencia del Universo, acerca de nuestro lugar en él. Realizaron un salto cuantitativo y cualitativo, rompieron con las interpretaciones más obvias, realizando un extraordinario esfuerzo intelectual. Fueron capaces de pensar un mundo completamente diferente, mucho más complejo, mucho más sofisticado. En notables casos, realizaron una búsqueda de la verdad sin interpretaciones religiosas, que pertenecen al ámbito de lo privado.

Profundicemos. Sigámoslos en ese viaje en el tiempo, exploremos con ellos. Acompañaremos durante esta travesía intelectual a algunos personajes que serán muy conocidos; otros serán científicos que han permanecido en segunda línea para el gran público, aunque sus contribuciones han sido muy significativas, incluso en campos muy variados. En cualquier caso, todos miembros de la República de las Letras, esa patria intangible y universal en la que todos han sido bienvenidos, sin exclusiones, en donde solo se requiere tener una disposición abierta para conocer.

En este texto se ha evitado de manera deliberada la mención de las nacionalidades de los descubrimientos y de los protagonistas, salvo que fuera estrictamente necesario para comprender el contexto cultural. En el mismo espíritu, se ha preferido utilizar los nombres latinizados, siguiendo el uso humanista predominante en el siglo XVI y XVII. No ha sido así con las naciones, actores objetivos de las historias relatadas: Castilla y Aragón hasta la unión bajo el reinado conjunto de Juana I y su hijo Carlos I y España a partir de ese momento, Portugal, Francia, los Países Bajos tras la independencia del Imperio hispánico, Inglaterra hasta la unión con Escocia y Gran

Bretaña con posterioridad. Estos estados y sus respectivos gobiernos compitieron por la supremacía tanto militar como comercial. Y la ciencia jugó un papel primordial, fomentando la exploración pero también siendo empujada hacia nuevas interpretaciones, en un proceso de retroalimentación, pues cumplía una función esencial en las políticas nacionales.

Dentro de esta idea, se ha tratado de resaltar el papel de las naciones meridionales europeas, específicamente de Portugal y España, en el desarrollo de la navegación y la exploración, en las diferentes mejoras científicas y tecnológicas y su implicación en sus políticas imperiales. Se ha adoptado esta línea dado el gran volumen de textos anglosajones, que en cierta medida están sesgados hacia las contribuciones británicas, y la más reducida difusión de las aportaciones ibéricas e incluso francesas. Es de esperar que el sesgo no sea extremo y el lector sepa perdonar el exceso de celo, de haberlo, ya responde a una visión personal de la Cosmografía, la disciplina científica ya desaparecida que en buena medida determinó la exploración del mundo y su interpretación.

■ FIGURA 1. «ASÍ QUE NADIE ES SABIO SI NO DOMINA LAS ESTRELLAS». JERÓNIMO GIRAVA, 1570. ILUSTRACIÓN TOMADA DE «COSMOGRAPHIA Y GEOGRAPHIA». CON PERMISO DE LA UNIVERSIDAD DE SEVILLA (SIGNATURA: 2018, Nº DE REGISTRO: 2019).

En cualquier caso, participaremos en la evolución del pensamiento, que nos mostrará qué forma tiene nuestro planeta, qué contiene y dónde está situado. Se harán patentes las vicisitudes de la transmisión de la cultura y los peligros a los que se ha enfrentado, y lamentaremos todo lo que se ha perdido en el camino. Pero mucho más allá, nos mostrará ese viaje cuán compleja es la interacción entre ciencia, sociedad y política, sobre todo durante la expansión imperial europea, especialmente en los apasionantes siglos desde el XVI al XVIII, cuando la cosmografía era una ciencia esencial, y que verdaderamente han dado forma a nuestro mundo actual.

■ FIGURA 2. COSMÓGRAFO TOMANDO MEDIDAS EN UN GLOBO TERRESTRE, 1693. GRABADO PUBLICADO EN «RECUEIL D'OBSERVATIONS FAITES EN PLUSIEURS VOYAGES PAR ORDRE DE SA MAJESTÉ» POR GIOVANNI DOMENICO CASSINI. CON PERMISO DEL REAL INSTITUTO Y OBSERVATORIO DE LA ARMADA (SIGNATURA 00278-1).

Héroes, dioses y constelaciones: asterismos y catasterismos

En muchas ocasiones nos olvidamos qué es lo que hay detrás de un nombre, cuál es su etimología. En astronomía somos especialmente propensos a ello, y no recordamos que las constelaciones tienen su propia historia, que suele estar ligada a la cultura grecolatina, al Renacimiento o al desarrollo científico-técnico de la Ilustración, con sus viajes de descubrimientos hacia el Sur.

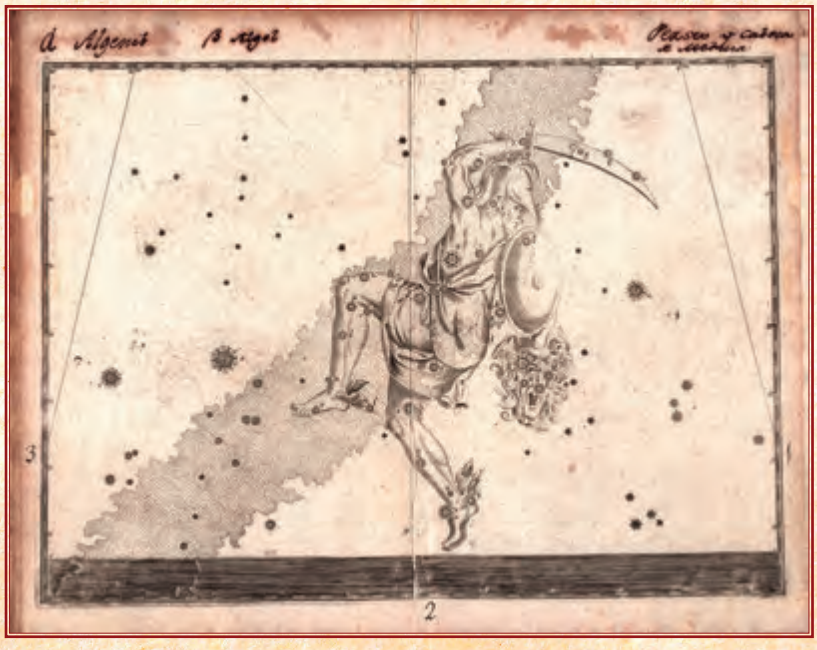
Las constelaciones surgen como alineaciones casuales de estrellas, sin asociación física entre las mismas: ni están a la misma distancia ni tiene la misma edad, salvo excepciones. Las únicas particularidades son su proximidad angular o cercanía al proyectarse sobre la esfera celeste, y su brillo, que las hace destacar sobre el resto. Sin embargo, sus peculiares formas han servido para, además de la navegación, marcar el ritmo de las estaciones, dado que cada una es fácilmente reconocible y es visible en distintos momentos del año.

El poeta heleno Hesíodo, que glosó «Los trabajos y los días» en el siglo octavo antes de nuestra era, nos proporcionó numeras pruebas de ello. Un ejemplo, extraído del libro II, bastará:

«Cuando las Pléyades, las Hiadas[2] y la fuerza de Orión hayan desaparecido, acuérdate de que ha llegado el momento de labrar, y así será consagrado todo el año a los trabajos de la tierra».

Cuenta Eratóstenes, o probablemente un autor posterior que utilizó su nombre, en la obra «Catasterismos», que tanto las Híades como las Pléyades son grupos de hermanas que sufrieron variados avatares. Y de hecho, son dos asociaciones estelares, esta vez sí, con relaciones físicas entre las estrellas que contiene cada una de ellas: las pertenecientes a cada conjunto se formaron a la vez a partir de la misma nube de polvo y gas, y sus respectivos miembros podrían decirse que son mellizos: de la misma edad pero distintos entre sí. Sin embargo, las estrellas que dan forma a la constelación de Orión, que domina el cielo otoñal, no tienen más relación entre ellas que el encontrarse proyectadas hacia la misma dirección en la esfera celeste. O al menos eso se creía hasta muy recientemente.

La historia que subyace detrás de cada protagonista correspondiente a una constelación es de gran interés.... Es lo que se denomina un catasterismo, cultismo extraído de la obra mencionada con anterioridad: la conversión de un personaje, en principio mitológico, en estrella o constelación. En muchos casos resultado de la intervención de un dios del Olimpo, pero Eratóstenes, en un ejercicio notable de buen hacer cortesano, elevó a los cielos a su reina Berenice II, esposa de Ptolomeo III Evergetes, faraón helenístico de Egipto. Para ser más concreto, destacó la belleza de su pelo, que se convirtió en la constelación de Coma Berenice. Aunque tal vez fuera su contemporáneo Conon de Samos quien imaginara que una diosa había tomado un mechón del pelo de la reina, sacrificado por esta para invocar a los olímpicos y solicitar el regreso del rey de



■ FIGURA 3. PERSEO, CON LA CABEZA DE LA MEDUSA, SEGÚN BAYER EN 1603. EL ATLAS CELESTE «URANOMETRIA» REALIZADO POR TANTO VARIOS AÑOS ANTES DE LA UTILIZACIÓN DEL TELESCOPIO CON FINES ASTRONÓMICOS. CON PERMISO DEL REAL INSTITUTO Y OBSERVATORIO DE LA ARMADA (SIGNATURA 27046).

2. Hiadas o Hiades

la tercera guerra siria. Esta adulación será emulada por astrónomos de tiempos posteriores, tal vez mostrando agradecimiento o probablemente buscando patronazgo.

Durante el verano destaca, entre otras, Perseo y la lluvia de estrellas característica del mes de agosto, denominadas perseidas. La historia de este héroe de la mitología griega está marcada por el destino, por la profecía. Hijo de Danae y de Zeus, y nieto del rey de Argos Acrisio, debía dar muerte a este y sucederle. Uno de los cuadros más famosos de Tiziano corresponde al momento en el que es engendrado por el señor de los olímpicos, convertido en lluvia de oro, tal vez una de las pinturas más sensuales del Renacimiento. Ciertamente su historia es triste, en la cual las luchas fratricidas, los desamores, las conspiraciones y los celos, a escala humana y olímpica, se suceden sin cesar. Es también un relato épico, en el que Perseo mantendrá combates singulares, y dará muerte a monstruos supuestamente imbatibles, como fue el caso de Medusa, quien convertía en piedra a quien la mirase directamente a los ojos. Sin duda, es una epopeya tan reseñable como «La Odisea», con un protagonista igualmente inteligente, pero probablemente de valor más arrojado. Porque Perseo nada tiene que envidiar a Ulises, mejor conocido. Sí, una verdadera tragedia griega, aunque curiosamente no parece haber sobrevivido ninguna con esa temática, aunque sí una comedia de Calderón de la Barca: «Andrómeda y Perseo». En cuanto a la constelación en sí, sobresale durante las noches de otoño en el hemisferio norte, aunque debido a su declinación, es visible también en otras épocas desde esas latitudes.

■ FIGURA 4. LA NUEVA CONSTELACIÓN DEL SEXTANTE, SEGÚN HEVELIUS, CUYO ATLAS ES DE 1687. CORTESÍA ETH-BIBLIOTHEK ZÜRICH (RAR 9629: 1 GF)

Sería posible recorrer una a una las constelaciones clásicas visibles desde el hemisferio septentrional y contar todos los catasterismos asociados. Sin embargo, baste aquí con los ejemplos incluidos.

Cayo Julio Higino, un esclavo liberto del emperador Augusto de posible origen hispano que vivió en torno al cambio de era, proporcionó numerosos ejemplos en su «*Poeticum astronomicum*», aunque la autoría de este texto y de «*Fabulae*» no está completamente clara. Es una de las fuentes principales y en ocasiones única sobre mitología y astronomía. Algo más de un siglo después, Claudio Ptolomeo describiría 48 constelaciones en su «Almagesto».

Las exploraciones hacia el Sur y en particular los viajes portugueses a finales del siglo XIV mostraron una nueva esfera celeste, con estrellas y constelaciones nuevas. Un ejemplo de los nuevos asterismos está en la constelación del Sextante, creada por Johannes Hevelius en su atlas estelar «*Prodromus Astronomiae*», publicado póstumamente por su mujer Elisabeth Hevelius, quien contribuyó de manera notable al trabajo de aquel, en 1690.

Pero no todo es constelación en la esfera celeste. La circunnavegación del globo terrestre iniciada por Fernando de Magallanes dejó una injusta herencia en el cielo: las dos galaxias satélites de la Vía Láctea llevan su nombre, la Pequeña y la Gran Nube de Magallanes, cuando el navegante portugués al servicio de Juana I y su hijo Carlos, co-monarcas de las Españas y las Indias, falleció a mitad de camino y el viaje fue completado por Juan Sebastián Elcano. ¡Qué homenaje más justo sería el renombrar al menos una de ellas!

El planisferio estelar actual se cerró con la publicación en 1763 de «*Coelum Australe Stelliferum*», por Nicolas Louis de Lacaille, un año después de su muerte. La completa exploración del cielo austral hizo necesario la introducción de catorce nuevas constelaciones, lo que completa las ochenta y ocho aceptadas de manera oficial por la Unión Astronómica Internacional.

■ FIGURA 5. PLANISFERIO DEL HEMISFERIO AUSTRAL, PUBLICADO EN 1763 POR LACAILLE. DENOMINADO «COELUM AUSTRALE STELLIFERUM», CIERRA LA NECESIDAD DE NUEVAS CONSTELACIONES. CON PERMISO DE UNIVERSITY OF CAMBRIDGE, INSTITUTE OF ASTRONOMY.

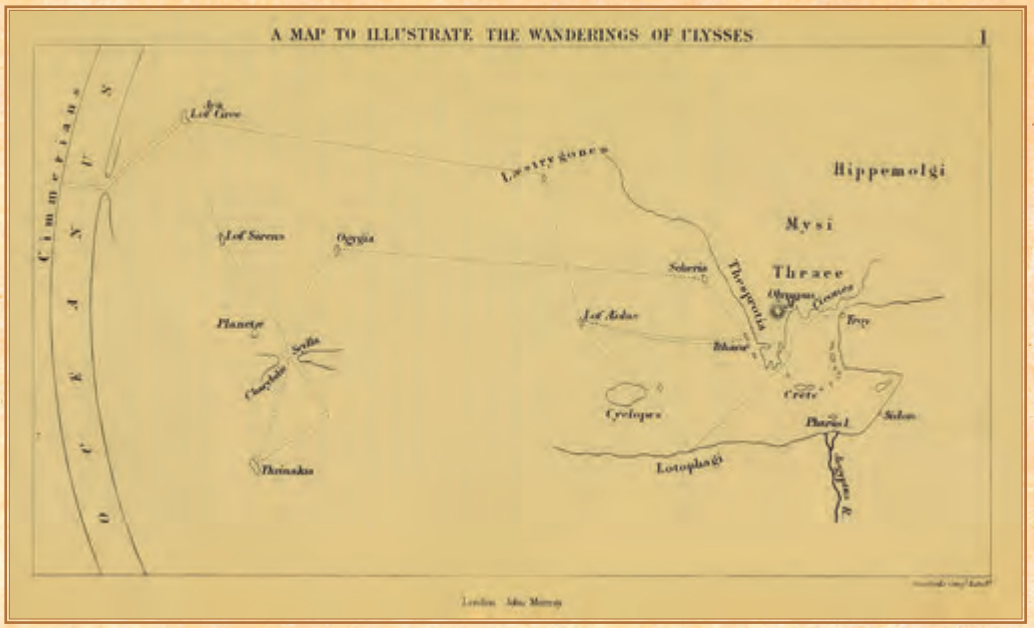
Navegación y astronomía en la penumbra de los tiempos remotos

Mesopotamia, el país de los dos ríos, es rica en registros astronómicos, conservados en forma de tabletas de arcilla. Curiosamente una de sus joyas literarias, probablemente la primera, no hace referencia a la astronomía. Es la epopeya de Gilgamesh, un extraordinario relato sumerio que nos ha llegado por varias vías.

Sin embargo, es de la antigua Grecia, a partir de su expansión por el Mediterráneo en el periodo arcaico, de donde nos llegan los contenidos más sugerentes, al estar íntimamente ligados a su mitología. Los asterismos o alineaciones casuales que las estrellas parecen dibujar sobre la bóveda celestial han sido fuente de historias pero también han resultado de gran utilidad

para orientarse y para la navegación. Ya Homero cantó, en «La Iliada», a la esfera celeste, cuando describió el nuevo escudo de Aquiles:

«Allí puso la tierra, el cielo, el mar, el Sol infatigable y la Luna llena; allí las estrellas que el cielo coronan, las Pléyades, las Híades, el robusto Orión y la Osa, llamada por sobrenombre el Carro, la cual gira siempre en el mismo sitio, mira a Orión y es la única que deja de bañarse en el Océano». Homero, «La Iliada», canto XVIII.



■ FIGURA 6. EL DERROTERO DE ULISES, DESCRITO EN «LA ODISEA», SEGÚN E.H. BUNBURY, 1879. EXTRAÍDO DE «A HISTORY OF ANCIENT GEOGRAPHY AMONG THE GREEKS AND ROMANS, FROM THE EARLIEST AGES TILL THE FALL OF THE ROMAN EMPIRE», LONDRES. EL HÉROE HELENO NAVEGÓ POR UN MAR LOCALIZADO EN EL CENTRO DE UN MUNDO PLANO, RODEADO POR EL OCÉANO, SEGÚN LAS CONCEPCIONES MÁS ANTIGUAS GRIEGAS, COMO LA DE ANAXIMANDRO DE MILETO EN EL SIGLO VI ANTES DE LA ERA COMÚN.

No es su única referencia a la perenne visibilidad de la Osa Mayor. En «La Odisea» prácticamente se repite la misma expresión:

«Así que el divino Odiseo desplegó gozoso las velas al viento y sentado gobernaba el timón con habilidad. No caía el sueño sobre sus párpados contemplando las Pléyades y el Boyero, que se pone tarde, y la Osa, que llaman carro por sobrenombre, que gira allí y acecha a Orión y es la única privada de los baños de Océano. Pues le había ordenado Calipso, divina entre las diosas, que navegase teniéndola a la mano izquierda. Navegó durante diecisiete días atravesando el mar, y al decimoctavo aparecieron los sombríos montes del país de los feacios, por donde este le quedaba más cerca y parecía un escudo sobre el brumoso Ponto». Homero, «La Odisea», canto V.

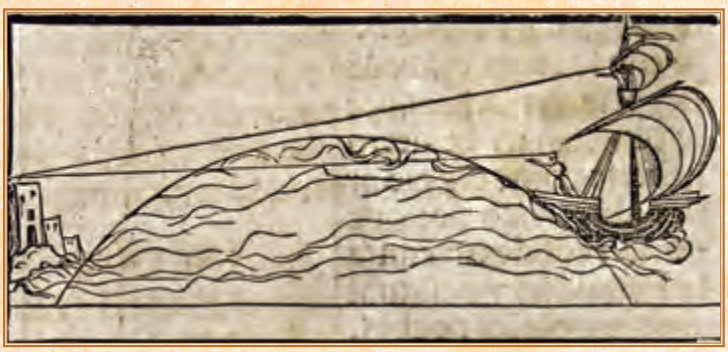
Entre los viajes exploratorios descritos en la Antigüedad se encuentran el realizado por navegantes fenicios al servicio del faraón Necao II, que reinó entre el 610 y el 595 antes de nuestra era, y que partiendo del Mar Rojo habría recorrido todo África; y el del cartaginés Hannón, quien, en la primera mitad del siglo VI antes de nuestra era, con una gran flota de 65 naves y más de 30 000 colonos habría salido por los pilares de Hércules a recorrer la costa de África, creando varios asentamientos, antes de regresar. La realidad de la primera travesía es muy controvertida, pero el viaje púnico se encuentra contrastado, a pesar de las grandes dificultades para su ejecución. Más tarde, Jerjes, rey aqueménida entre el 485 y el 465 antes de nuestra era y protagonista de la Segunda Guerra Médica, conmutaría la pena de muerte de su primo Sataspes por un intento de emular a la expedición de Necao, yendo en dirección Oeste. Tras adentrarse en el Atlántico, volvió ante las dificultades, para encontrarse con la ejecución de la sentencia original, cambiando una posible zozobra por una muerte cierta.

Los peligros de la navegación en la Antigüedad son innegables. Y es que esta era de cabotaje, teniendo siempre la costa visible, al no poder determinar la posición en alta mar. Ulises, de hecho, se arriesgaría, al cumplir los deseos de la diosa a una larga travesía sin ver tierra, a perderse. Tal vez por eso se demoró tanto en regresar a Ítaca.

Pasarán muchas centurias antes de que el problema de la localización sea resuelto. El mundo, y la interpretación de la posición del hombre en él, será entonces completamente distinto.

Eratóstenes: el segundón que puso límites a la Tierra

No fue suficiente que Cristóbal Colón llegase a América en 1492, ni que Juan Sebastián Elcano completase la vuelta al mundo en 1522, viaje que había iniciado, comandado por Fernando de Magallanes, tres años antes. A mediados del siglo XVI, en plena época del descubrimiento, era todavía necesario insistir en que vivíamos sobre una esfera, y que una prueba era el horizonte marino. Así lo dejan patentes numerosos manuales de cartografía, navegación y astronomía de la época.



■ FIGURA 7. HORIZONTE MARINO DEBIDO A LA ESFERICIDAD DE LA TIERRA, 1545. ILUSTRACIÓN TOMADA DEL MANUAL DE ASTRONOMÍA Y NAVEGACIÓN «BREVE COMPENDIO DE LA SPHERA», DE MARTÍN CORTÉS DE ALBACAR. CON PERMISO DEL MUSEO DE LA ARMADA (SIGNATURA CF 108, XIII BIS).

Se trata de una situación cuanto menos curiosa, cuando la esfericidad ya había sido propuesta por Parménides de Elea y Pitágoras de Samos en el siglo V antes de nuestra era. Pero la verificación experimental no llegaría hasta dos siglos más tarde, con los trabajos de Eratóstenes de Cirene. Gran amigo de Arquímedes de Siracusa, con quien mantendría una notable comunicación epistolar, y tercer responsable de la biblioteca de Alejandría, sus múltiples estudios en muy diversos campos le valieron el apelativo de «*Beta*», segunda letra del alfabeto griego: otros serían los mejores en un único aspecto al indagar sobre la realidad, pero Eratóstenes mostró excelencia en todo cuanto se propuso. Cierto es que tuvo a su disposición la biblioteca de la ciudad que Alejandro Magno fundó en el delta del Nilo, con su ahora inimaginable riqueza de conocimientos, perdida en su mayor parte en incendios y saqueos, y terminada por destruir de manera deliberada, pero no le resta mérito: el uso que dio a la misma produjo resultados que tardarían largos siglos en ser sobrepasados.

■ FIGURA 8. LA TIERRA, SEGÚN ERATÓSTENES EN EL SIGLO III ANTES DE LA ERA COMÚN. REINTERPRETACIÓN DE 1879 REALIZADA POR E.H. BUNBURY Y PUBLICADO EN «A HISTORY OF ANCIENT GEOGRAPHY AMONG THE GREEKS AND ROMANS: FROM THE EARLIEST AGES TILL THE FALL OF THE ROMAN EMPIRE».

Con Eratóstenes, se afirma, nace la geografía tal como la entendemos. Extendió y sistematizó de una manera que se puede definir como científica el uso de meridianos y paralelos, ya propuesto por Dicearco de Mesina en el siglo IV antes de nuestra era, en una red rectangular que permite localizar cualquier ciudad o accidente geográfico. Trazó el meridiano cero en el eje norte-sur que va desde Borysthenes, probablemente la desembocadura del río Dniéper o quizás la ciudad de Olbia, en el Ponto, hasta Alejandría y Meroë, ya en el Nilo que recorre Sudán, poco después de la fusión de sus brazos Blanco y Azul. Su paralelo de referencia parte del Sagrado Promontorio (el cabo de San Vicente) y los Pilares de Hércules, y alcanza la India, pasando por el estrecho de Sicilia, Ática, Rodas, el golfo de Issos y los montes Taurus. Su mapa del mundo, como el resto de sus obras, no nos ha llegado, pero sí la reelaboración de Posidonio de Apamea, en el siglo primero antes de nuestra era. No deja de llamar la atención el hecho de que, en lo que respecta a la parte mediterránea, a pesar de la imprecisión general de las localizaciones geográficas debido a los primitivos métodos usados, casi todos los puntos trazados se encuentran cerca de donde se les suponía. Los términos longitud y latitud se encuentra por primera vez en Claudio Ptolomeo, ya en el siglo II de la era común.

■ FIGURA 9. GRABADO DE UNA ESFERA ARMILAR, 1683. TOMADO DE LA OBRA «DESCRIPTION DE L'UNIVERS, CONTENANT LES DIFFÉRENTS SYSTÊMES DU MONDE», DE ALLAIN MANESSON MALLET. CON PERMISO DEL REAL INSTITUTO Y OBSERVATORIO DE LA ARMADA (SIGNATURAS 06560 Y 06564, FIG. II).

Entre sus inventos, destaca la esfera armilar, representación tridimensional de los diferentes elementos celestes. También delimitó el tiempo diurno en igual número de horas, de distinta duración según la estación. Son las horas temporarias o romanas, que se utilizaron hasta la aparición de los relojes mecánicos. También determinó cuándo ocurren los solsticios. Y desarrolló lo que se puede considerar como el primer reloj solar moderno, al que denominó «*skaphe*». De hecho, es el artefacto que usó para estimar el tamaño de la Tierra.

La técnica, desde un punto de vista conceptual, es muy sencilla, aunque su génesis requiere una gran capacidad de abstracción y unos extraordinarios conocimientos. La descripción de la misma no nos ha llegado de manera directa, sino mediante las explicaciones de Cleómenes, Teón de Esmirna y Estrabón bastante tiempo después. Eratóstenes, conocedor de que en la ciudad de Syene, en el sur del Egipto helenístico (la actual Assuan), el Sol no produce sombra durante el solsticio de verano (al encontrase casi en el trópico de Cáncer), midió el tamaño de la proyección en Alejandría, ciudad que se encuentra mucho más al norte y prácticamente en el mismo meridiano. Para ello hizo uso de su «*skaphe*», que incluye un gnomon, que es un estilo vertical que permite determinar la posición del Sol. La sombra es mínima a mediodía, y su longitud está directamente relacionada con la altura del Sol sobre el horizonte y por tanto con la diferencia en latitud a lo largo del meridiano. Con su resultado, 7 grados y 12 minutos de arco, y junto con la distancia entre las dos localidades, de 5000 estadios, estimó la circunferencia terrestre en 250 000 estadios, a los que él añadió 2000 más por motivos no conocidos. Trasladada esta medida griega a kilómetros, el resultado es de 39 690 km, valor extraordinariamente próximo al real de 40 120 km. Y ello a pesar de que sus datos de partida eran bastante inexactos: desde la distancia entre ambas ciudades hasta la diferencia de longitud, ya que ambas no están exactamente en el mismo meridiano, o el hecho de que Syene está algo al norte del verdadero trópico.

DIALOGVS TERTIVS

■ FIGURA 10. EXPOSICIÓN DEL MÉTODO DE ERATÓSTENES PARA CALCULAR LAS DIMENSIONES DE LA TIERRA, PUBLICADO EN 1543. DESCRITA EN «COSMOGRAPHIA» DE FRANCESCO MAUROLICO. CON PERMISO DEL REAL INSTITUTO Y OBSERVATORIO DE LA ARMADA (SIGNATURA 02109, 69R).

Aristóteles mencionaría que algunos matemáticos, sin identificarlos, habían determinado que el perímetro terrestre era de 400 000 estadios. Arquímedes, en la misma época que Eratóstenes, proporcionaría la cifra de 300 000 estadios. Sin embargo, no existen detalles sobre cómo se alcanzaron estos valores, y a qué tipo de estadio se refiere cada estudio, pues en realidad no había una medida única de referencia.

Años más tardes, en el siglo I antes de nuestra era, Posidonio de Apamea repetiría la medición del diámetro terrestre, con un resultado significativamente menor. Divulgado por Claudio Ptolomeo, el valor de Posidonio sería adoptado por Cristóbal Colón, que estaba inspirado en Estrabón, quien afirmó que en principio era posible navegar hasta la India:

«... si no lo impidiera la extensión del piélago Atlántico, podríamos nosotros navegar desde Iberia hasta la India, por el mismo paralelo, el trecho que queda una vez restada la distancia ya dicha, es decir, un poco más de la tercera parte de la totalidad del círculo ...», Geografía, Libro I.

■ FIGURA 11. MAPAMUNDI DE POSIDONIO DE APAMEA, CORRESPONDIENTE AL SIGLO II ANTES DE LA ERA COMÚN, IMPRESO EN 1628. EXTRAÍDO DE «GEOGRAPHIA VETUS EX ANTIQUIS ET MELIORIS NOTAE SCRIPTORIBUS NUPER COLLECTA» DE PETRUS BERTIUS. CORTESÍA DE BAYERISCHE STAATSBIBLIOTHEK (4 MAPP. 135 E).

Colón preparó sus estimaciones de los tiempos de navegación hacia Asia en contra del criterio de los expertos de Castilla. Un error que pudo haberle costado la vida y que sin embargo le conduciría al descubrimiento del continente americano.

Eratóstenes también hizo uso de los estudios de los eclipses para deducir la distancia al Sol (4 000 000 estadios) y a la Luna (780 000 estadios). Sin embargo, para poder determinar la precisión de estas medidas, como la del tamaño de la Tierra, hay que convertir al sistema métrico, e infortunadamente no se sabe si Eratóstenes usó el estadio griego o el egipcio. En cualquier caso, sus resultados difieren con mucho de las medidas actuales.

Entre sus diversos trabajos se pueden citar la determinación del eje de rotación de la Tierra (esto es, la oblicuidad de la eclíptica, el plano en el que orbitan los planetas alrededor del Sol), el desarrollo de un calendario que incluía años bisiestos y la producción de un catálogo estelar con 675 estrellas. Fuera de la astronomía, creó la primera cronología sistemática de eventos históricos, partiendo de la guerra de Troya, y un método para determinar números primos.

Hombre de una extensa cultura y una actividad extraordinariamente diversa, escribió de manera incansable. Su poema «Hermes», muy conocido en la Antigüedad, trataba de temas astronómicos y geográficos. Calamitosamente, como del resto de sus obras, nada nos ha llegado. Custodio de la mayor biblioteca hasta la modernidad, el paso del tiempo ha sido implacable con su propia obra, de la que solo quedan fragmentos y comentarios en textos de otros autores. A pesar de todo, «*Beta*» y «*Pentathlos*», los injustos epítetos de sus contemporáneos, han quedado como anecdóticos: Eratóstenes, verdadero polímata, es uno de los grandes intelectuales de cualquier época.

El código de Arquímedes o Arquímedes como Palimpsesto

«Arquímedes a Eratóstenes: ¡Saludos!»

Así iniciaba Arquímedes su carta a Eratóstenes de Cirene, uno de los grandes científicos de la Antigüedad, que calculó el diámetro de la Tierra y uno de los pocos a quien el matemático heleno, nacido y asesinado en Siracusa, Sicilia, consideraba digno de sus trabajos, además de su amistad. En esta carta Arquímedes incluía su tratado «El Método». Eratóstenes era el responsable de la biblioteca de Alejandría y probablemente el siracusano pensó que su gran obra quedaba en buenas manos. Desgraciadamente, este templo del saber sufriría con el devenir del tiempo incendios y saqueos. La mayor parte de las obras que atesoraba de científicos, filósofos y literatos ha desaparecido debido a los males de la guerra y del tiempo. Entre ellas varias del propio Arquímedes... hasta hace poco tiempo.

En buena medida, los trabajos de Arquímedes fueron redescubiertos, como tantos otros, en el Renacimiento o poco antes. Entonces salieron de la oscuridad de bibliotecas monacales los textos escritos en griego, para ser copiados en latín y ser distribuidos y comentados por autores en Occidente. Lamentablemente, en muchos casos los originales se han perdido, y solo nos han llegado copias de copias, traducidas de un idioma a otro. Por tanto es muy difícil reconstruir la intención original del autor, incluso cuando el texto nos haya llegado completo y no solo en fragmentos.

Los papiros, usados de manera profusa para escribir durante el periodo grecolatino, son de gran fragilidad y muy pocos son los que nos han llegado. De hecho, el más antiguo que se conserva de origen heleno, el «*Ars Eudoxi*», en la actualidad en el *Louvre*, procede del siglo III antes de nuestra era. Su temática es la astronomía. Sin embargo, diferentes obras del mundo clásico han sido copiadas en diferentes soportes: tablillas de barro y cera, papiros, pergaminos. En ocasiones, cuando el contexto cultural cambiaba, era el soporte el que era reutilizado, convirtiéndose así en un palimpsesto.

PALIMPSESTOS: ARQUEOLOGÍA EN TEXTOS

Un palimpsesto es una página de un libro, generalmente de pergamino, que es borrada y reutilizada. El reciclado puede reproducirse varias veces. Dado que normalmente la eliminación del escrito anterior se realiza raspando, quedan restos del texto primigenio. Por tanto, diferentes técnicas se pueden aplicar para extraer la información supuestamente perdida.

Los trabajos de Arquímedes representan un caso típico. De él se conocen obras originales en griego en tres códices distintos, denominados códices A, B y C, citados en diferentes archivos históricos.

El códice B fue el primero en desaparecer en la noche de los tiempos, ya que la última vez que alguien lo leyó y dejó constancia fue en 1311. Contenía los tratados de Arquímedes «Sobre el equilibrio de los planos», «La cuadratura de la parábola» y «Sobre los cuerpos flotantes».

El último registro del códice A fue en 1564. Incluía los ensayos «Sobre el equilibrio de los planos», «La cuadratura de la parábola», «Sobre la esfera y el cilindro», «La medida del círculo», «Sobre las espirales», «Sobre conoides y esferoides» y «El arenario».

Tanto A como B fueron traducidos por Guillermo de Moerboke, en el año 1269, probablemente en Viterbo, a partir de originales en griego. El códice A se encontraba en manos del

papa Nicolás V en 1450. Lorenzo de Medici mandó hacer una copia en 1482, que se encuentra en la actualidad en Florencia. El original griego estaba entonces en Venecia, en la biblioteca de Giorgio Valla, en donde se realizó una copia que se encuentra ahora en la Biblioteca Laurenciana de Florencia. Tiempo después Alberto Pio de Carpi compraría la biblioteca. Murió en 1531 y su heredero haría lo propio en 1564, momento en el que el código A desaparece por completo. Las obras de Arquímedes, tal y como se conocían entonces, entraron en imprenta en 1544 a partir de las copias y traducciones realizadas con anterioridad.

En cuanto al tercer código, el denominado Palimpsesto de Arquímedes, contiene «Sobre el equilibrio de los planos», «Sobre la esfera y el cilindro», «La medida del círculo», «Sobre las espirales», «Sobre los cuerpos flotantes», «El Método» y «El Stomachion». Las últimas tres son las únicas del siracusano que han sido halladas en el griego original. Pero lo más importante es que tanto «El Método» como «El Stomachion» -o más correctamente Ostomachion- se creían perdidos y han podido ser recuperados. El códice C también contiene al menos otros seis textos, incluyendo uno de Hipérides el ateniense, uno de los oradores canónicos de la Antigüedad, nacido en el año 389 antes de nuestra era, y un comentario sobre «Las Categorías» de Aristóteles, por Alejandro de Afrodisias. Otro de los hallazgos permite una reinterpretación de «Sobre la Corona», de Demóstenes, el gran orador y demagogo anti-macedónico.

El palimpsesto en sí consta de 174 folios numerados del 1 al 177. Faltan, pues, tres. El libro fue escrito hacia el año 975 de nuestra era, casi 1200 años después de la violenta muerte de Arquímedes. Probablemente, una vez reescrito como libro de oraciones en el siglo XII, pasó la mayor parte de su vida en la biblioteca del monasterio de Mar Seba, en lo que ahora es Israel. Aunque tal vez a partir del siglo XVII pasase a un monasterio de Jerusalén, ya que su patriarca ortodoxo compró el convento en 1625. En los inicios del XIX sería trasladado al Metochion en Constantinopla, convento ortodoxo de la capital del Imperio otomano, en donde lo vería Constantin von Tischendorf en 1840, cuando arrancó una hoja en un acto vandálico. En 1899 fue catalogado, en ese mismo monasterio, por Athanasios Papadopoulos-Kerameus.

■ FIGURA 12. UN FOLIO DEL PALIMPSESTO DE ARQUÍMEDES, FOTOGRAFIADO EN LUZ VISIBLE. SE PUEDEN DISCERNIR LOS DOS TEXTOS: EL ORIGINAL DEL SIRACUSANO, CORRESPONDIENTE A UNA COPIA DEL SIGLO X, Y EL LIBRO DE ORACIONES, SUPERPUESTO SOBRE ÉL, ESCRITO UNOS 300 AÑOS DESPUÉS. CORTESÍA DE THE WALTERS MUSEUM.

En 1906 lo reencontró el filólogo Johan Ludvig Heiberg y lo identificaría correctamente como un texto del siracusano. Al año siguiente, anunció que contenía «El Método», perdido hasta entonces, y publicó el texto. Entre 1910 y 1915 también editaría todas las obras de Arquímedes, basadas en los códices A, B y C, en su mayoría traducciones. Curiosamente, Heiderg también fotografió el manuscrito, pero infelizmente no de manera completa.

En la década de los años veinte apareció, sin ninguna razón lógica, en Francia, en las manos de Marie Louis Sirieix. Parece ser que incluso en 1932 pudiera haber hecho un viaje a EEUU pero regresaría a Europa. Se producirán entonces falsificaciones y añadidos, ya que no aparecen en las fotografías que tomó Heiberg a principio de siglo. También se produjo una notable negligencia en la manipulación y conservación. Finalmente, el manuscrito terminará siendo subastado a finales de siglo XX por los herederos de Siriex. El actual propietario permanece en el anonimato, pero es quien ha permitido la restauración y el análisis completo. Así, finalmente es descifrado con técnicas modernas. El resultado ha sido verdaderamente sorprendente, y probablemente contribuya a un cambio de la visión que tenemos de Arquímedes y su obra.

La ciencia griega es una ciencia de diagramas, que se utilizan para demostrar, no para ilustrar. Este no es el caso del Palimpsesto de Arquímedes, cuyos diagramas son informativos y esquemáticos, buscando que sean tan genéricos como sea posible. La notación es muy actual y lo que realmente se observa es una transición de la ciencia de diagramas a la de ecuaciones, que anticipa el cálculo infinitesimal, y todo ello realizado con un método que incluye demostraciones rigurosas.

Pero, ¿quién era Arquímedes, más allá del grito de «*Eureka*» al salir desnudo de la bañera y de la imagen de sabio abstraído? ¿Cómo es que murió asesinado durante la toma de Siracusa por el cónsul Marco Claudio Marcelo durante la Segunda Guerra Púnica?

ARQUÍMEDES DE SIRACUSA: MUCHO MÁS QUE EL GRITO DE «EUREKA»

Hijo del astrónomo Fidias, a Arquímedes se le describe ahora como matemático, físico, astrónomo, ingeniero e inventor. Sus descubrimientos e ingenios, múltiples y de gran diversidad, dejaron una profunda huella que ha trascendido el tiempo. Sin embargo, de su vida poco se sabe. Nació a comienzos del siglo III antes de nuestra era en la ciudad helena de Siracusa, en Sicilia, entonces en el punto de mayor explendor de su vida económica y cultural. Parece ser que era familiar del rey Hierón II, que apoyó a la pujante república romana durante la Primera Guerra Púnica. Fatídicamente, Hierón, casi centenario, fallecería en el 215, ya durante la Segunda Guerra Púnica, y la ciudad cambiaría de aliados, optando por Cartago. Una pésima decisión que conllevaría el asedio y finalmente saqueo de la metrópoli siciliana. Arquímedes contribuiría enormemente al esfuerzo bélico con sus máquinas, según el historiador Polibio, que vivió en el siglo siguiente. Con posterioridad, durante el Imperio romano Plutarco y Tito Livio escribirían sobre Arquímedes, al igual que el erudito Ioannes Tzetzes en el siglo XII, en Bizancio. Tal fue la actividad desarrollada por Arquímedes, que Marcelo lo denominaría el «Briareo geométrico», en referencia a uno de los tres Hecatonquiros, gigantes mitológicos de 100 brazos y 50 cabezas, hijos de Gea y Urano.

■ FIGURA 13. LA MISMA PÁGINA DESPUÉS DE SU TRATAMIENTO DIGITAL. EL TEXTO DE ARQUÍMEDES SE PUEDE LEER CON GRAN FACILIDAD, Y LAS FIGURAS RESALTAN POR SU NITIDEZ. CORTESÍA DE THE WALTERS MUSEUM.

De su educación se conoce que se formó en Alejandría, en donde fue contemporáneo de Eratóstenes de Cirene y de Conon de Samos, entre otros. Su anécdota más conocida, su salida del baño gritando «¡*Lo encontré, lo encontré*!» bien pudiera ser apócrifa, ya que la relata mucho más tarde Marco Vitruvio Polión, arquitecto de Cayo Julio César, durante el cambio de era. Algunos de los tratados de Arquímedes que han sobrevivido fueron dirigidos a Dositeo de Pelusio, discípulo de su amigo Conon, y a Eratóstenes, responsable de la biblioteca de Alejandría.

Su vida personal permanece en las sombras salvo por anécdotas sueltas recogidas por los autores mencionados. Su amigo Heráclides escribió su biografía, pero como tantos otros escritos de la Antigüedad, se ha perdido.

De su carácter y sentido del humor nos habla él mismo, en el prefacio de la obra «Sobre las Espirales». Relata que, teniendo el hábito de enviar a sus amigos de Alejandría sus nuevos teoremas, en alguna ocasión algún matemático reclamó que la autoría era de él. Así que envió tres

declaraciones matemáticas, sin pruebas de la veracidad de las mismas, siendo dos en realidad falsas. Así Arquímedes aseveró que:

«... quienes afirman el descubrimiento de algo, pero no producen pruebas, serán reprobados por haber pretendido descubrir lo imposible».

Entre sus inventos y trabajos de investigación, destacan sus estudios de la línea espiral y la parábola, sobre grandes números, incluyendo una notación exponencial específica y el concepto de infinito, el inicio del cálculo integral, sobre combinatoria, raíces cúbicas, acerca del centro de gravedad, el comienzo del uso del lenguaje matemático por parte de la física, de conceptos matemáticos como si fueran objetos físicos, y un largo etcétera. E ingenios mecánicos sorprendentes, no solo su bomba hidráulica: el orador, filósofo estoico y estadista Marco Tulio Cicerón afirmaría haber visto un mecanismo que imitaba el movimiento del Sol, la Luna y los planetas.

Ciertamente, Galileo Galilei, ya en el siglo XVII, nos dejaría en sus escritos numerosas muestras de admiración. Johannes Kepler, descubridor de las tres leyes sobre los movimientos de los planetas que llevan su nombre, diría en *«Astronomia Nova»*, al hablar de la segunda ley:

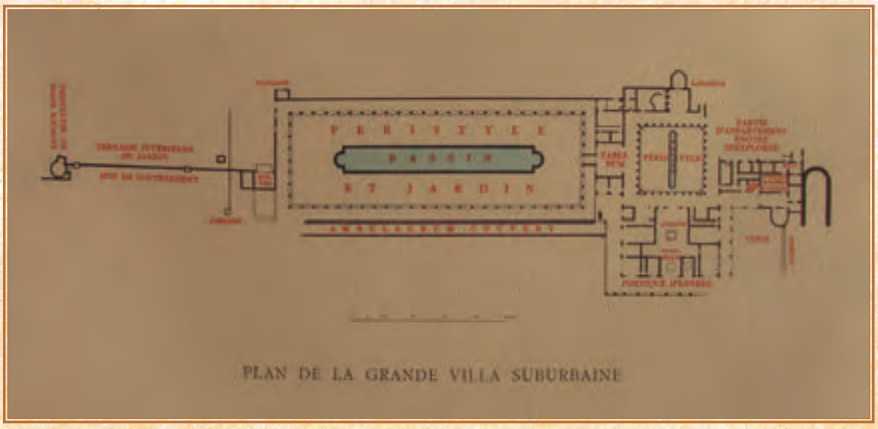
«Puesto que era consciente de que existe un número infinito de puntos en una órbita, y en consecuencia un número infinito de distancias, se me ocurrió la idea de que la suma de estas distancias se halla contenida en el área de la órbita. Recordé que Arquímedes había dividido también de la misma forma el área de un círculo en un número infinito de triángulos».

Aun hoy en día, en un palimpsesto que ha sobrevivido de manera casual, seguimos encontrando nuevos significados a su obra. Pero ni siquiera ese parece ser el final de la historia: en el siglo IV de nuestra era, en Alejandría, Pappus y Teón se referirían a otras obras de Arquímedes, perdidas en la actualidad, sobre los poliedros semiregulares, sobre palancas y balanzas, y también sobre espejos. Tal vez estén a su vez escondidas en unos manuscritos sin estudiar en alguna biblioteca perdida; tal vez sigan existiendo otros palimpsesto que recojan conocimientos que se creían perdidos. En las sombras de un anaquel recóndito, quizás siguen esperando.

Bibliotecas de la antigüedad: el legado del mundo clásico

ALEJANDRÍA: SUEÑO DE ALEJANDRO, REALIDAD DE LOS PTOLOMEOS

Las excavaciones subacuáticas en Alejandría han sacado a la luz la vieja ciudad helenística, gloria del Mediterráneo y verdadero faro, en ambos sentidos, del pensamiento de la Antigüedad greco-latina, con su archiconocida biblioteca. Las riquezas culturales que allí se albergaron se han perdido en su mayor parte, consumidas por saqueos y por incendios, mayoritariamente causados de manera voluntaria por conquistadores o por intolerancias religiosas. Las

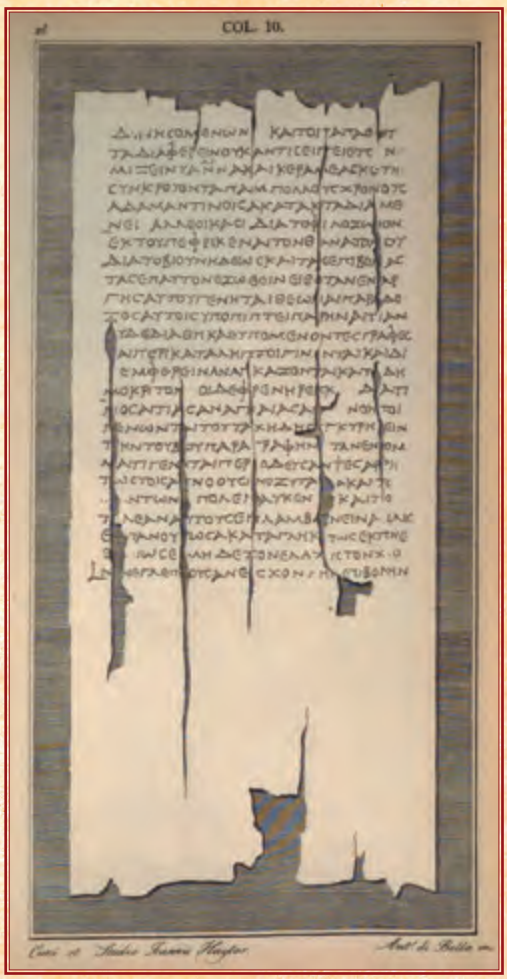


■ FIGURA 14. PLANO DE LA VILLA DE LOS PAPIROS DE HERCULANO, TRAS LAS EXCAVACIONES DEL SIGLO XVIII. FUE LEVANTADO POR KARL JACOB WEBER, COLABORADOR DE ROQUE JOAQUÍN DE ALCUBIERRE. SIGUIENDO ESTE DISEÑO, SE CONSTRUYO EL MUSEO GETTY EN LA CIUDAD DE LOS ÁNGELES.

que nos quedan, resúmenes y obras copiadas a tiempo y trasladadas a otros lares, son ecos de la grandeza de aquella gran institución.

La ciudad helenística de Alejandría fue una verdadera urbe cosmopolita que dominó la vida cultural del Mediterráneo durante más de 700 años. En concreto, desde el año 331 antes de la era común, cuando fue fundada por Alejandro de Macedonia, hasta el año 391, cuando la biblioteca, o la parte correspondiente al Serapeum, fue saqueada por las turbas cristianas bajo la dirección de Teófilo, patriarca de la ciudad. Junto con el museo de la ciudad, vivieron momentos muy turbulentos y destrucciones parciales que hicieron desaparecer parte de su legado científico y literario. Una de las más importantes se produjo en el año 48 antes de nuestra era, cuando la flota romana al mando de Cayo Julio Cesar, quien intervino a favor de Cleopatra VII Philopator en la guerra fratricida entre los últimos faraones ptolemaicos, incendió parte de la ciudad y con ella la biblioteca. Propagandistas contrarios a César o sus partidarios no dejan claro qué ocurrió realmente, pero en el mejor de los casos «solo» se incendiaron los depósitos de la biblioteca situados junto al puerto. El Museo también se dañó durante este conflicto e incluso pudo ser destruido durante la guerra entre Zenobia de Palmira y el emperador Aurelio, en el año 279 de la era común.

Algunos de sus bibliotecarios fueron grandes astrónomos, como Eratóstenes de Cirene. Allí trabajó también el gran Claudio Ptolomeo en el siglo II, cuyo sistema del mundo imperaría hasta la revolución copernicana 1300 años más tarde. El final de la vida intelectual de la ciudad, en el año 415 de nuestra era, llegaría con la terrible muerte de la matemática y astrónoma Hipatia de Alejandría, cuyo asesinato fue incitado por el sobrino de Teófilo, Cirilo de Alejandría, ambos obispos de la ciudad. Si quedó algo de las instituciones ligadas al saber, la historia de Alejandría como foco cultural del Mediterráneo terminaría con la conquista árabe del año 642, solo veinte años después de la hégira, o la huida de Mahoma desde la Meca a Medina, que marca el inicio de la civilización islámica.



■ FIGURA 15. FACSÍMIL DE UN PAPIRO RECUPERADO EN EL SIGLO XIX EN HERCULANO. FUE PUBLICADO EN 1885 EN «FRAGMENTA HERCULANENSIA, A DESCRIPTIVE CATALOGUE OF THE OXFORD COPIES OF THE HERCULANEAN ROLLS TOGETHER WITH THE TEXTS OF SEVERAL PAPYRI ACCOMPANIED BY FACSÍMILES» POR WALTER SCOTT.

Se dice que parte de la biblioteca superó estas vicisitudes y que, junto a la tumba de Alejandro Magno, se encontraría oculta en el desierto libio, a salvo de los bárbaros. De ser así, una extraordinaria riqueza cultural nos esperaría escondida entre las dunas de arenas doradas del Sahara.

COMO AVE FÉNIX: HERCULANO Y LA VILLA DE LOS PAPIROS

Donde sí existen joyas culturales de inestimable valor es en la Villa de los Papiros, en Herculano. Esta ciudad, junto con su homóloga Pompeya, fue descubierta por el ingeniero y militar español Roque Joaquín de Alcubierre. Él fue el primer director de las excavaciones de ambas localidades, sepultadas por el volcán Vesubio en el año 79 de la era común, bajo el reinado de Carlos VII de Nápoles y posteriormente III de España, en la segunda mitad del siglo XVIII. Después le sucedería, de manera más sistemática, Karl Jacob Weber. La excavación de esta lujosa mansión, supuestamente perteneciente a Lucio Calpurnio Pisón Cesonio, el padre político de Julio César, reveló enseguida una compleja estructura que incluía una amplia biblioteca, donde aún se conservan rollos de papiro carbonizados (de ahí el nombre). En algunos casos estos han podido ser recuperados y descifrados, inicialmente gracias a la ingeniosa técnica para abrirlos, desarrollada por Antonio Piaggio en el siglo XVIII, que fatalmente era muy dañina. Son como el ave Fénix, pero en este caso literalmente el contenido de los textos renace de las cenizas. Así, obras perdidas de autores de la Antigüedad, hasta este momento, como pudiera ser el caso de Filodemo de Gadara,

maestro del poeta Virgilo, y la única conocida de Zenón de Sidón, han sido recuperadas. Se han encontrado casi dos mil rollos, aunque algunos fueron destruidos antes de reconocer su importancia, y unos cuatrocientos aún están sin leer. Una cantidad superior podría estar esperando entre las ruinas aún no excavadas de esta propiedad. O en otras mansiones de estas dos ciudades romanas.

Otro ejemplo reciente de recuperación corresponde a la reconstrucción del «Mecanismo de Anticitera», un complejo ingenio que permitía realizar complejos cálculos astronómicos hace más de 2000 años, desde posiciones de estrellas y planetas hasta eclipses. Las primeras piezas aparecieron al iniciarse el siglo XX, en los restos de un naufragio del siglo primero de nuestra era, y más de cien años después se siguen buscando porciones del dispositivo con el objetivo de entender completamente su funcionamiento. Catalogado como ordenador analógico, no debiera haber sido el único ingenio de estas características de su tiempo, como indicaría un comentario de Marco Tulio Cicerón sobre una creación de Arquímedes:

■ FIGURA 16. PAPIRO CARBONIZADO PROVENIENTE DE LA VILLA DE LOS PAPIROS, EN HERCULANO. TODAVÍA QUEDAN NUMEROSOS ROLLOS QUE ESTÁN ESPERANDO SER LEÍDOS POR NUEVAS TÉCNICAS NO DESTRUCTIVAS. CON PERMISO DE BODLEIAN LIBRARY, OXFORD UNIVERSITY (MS. GR. CLASS. B. 1 (P), P. 7).

«... hay otro planetario más hermoso y popular, hecho por el mismo Arquímedes, y que el citado Marcelo había puesto dentro del templo de la diosa Fortaleza. En verdad, después de que Galo empezó a explicar científicamente ese aparato, pensé que aquel siciliano tuvo más inteligencia de la que puede alcanzar la naturaleza humana. Porque decía Galo, que era muy antigua la invención de aquella otra esfera sólida y entera que había torneado Tales de Mileto primeramente, y que luego Eudoxo de Cnido, discípulo según él decía, de Platón, le había puesto astros y estrellas fijos en la órbita celestial, cuyo aderezo de figuras hecho por Eudoxo, muchos años después, tomó Arato para celebrar con unos versos, no tanto por tener ciencia astronómica cuanto por cierta vena poética. Pero este otro tipo de planetario, en el que se movían el sol y la luna, y también aquellas cinco estrellas que se llaman «errantes» y en cierto modo vagabundas, no podía acomodarse a aquel tipo de esfera sólida, y por eso es admirable el invento de Arquímedes, pues se las ingenió para reducir a una sola rotación varios cursos que eran desiguales por sus propias trayectorias. Al mover Galo este planetario, se veía cómo la luna giraba en aquella esfera metálica tantas veces alrededor del sol cuantos eran los días naturales, de modo que en la esfera se proyectaba el eclipse de luz solar y la luna entraba en la zona tapada por la tierra, porque el sol, desde la región de la luna quedaba interceptado por la tierra...», Cicerón, «De República».

Además de la arqueología, existen otras vías por las cuales parte, trágicamente muy poco, de la ciencia y las letras del mundo clásico alcanzaron Occidente: la conservación de aquellos relevantes para la cultura cristiana en los monasterios de la Edad Media, la Escuela de Traductores de Toledo, los papiros conservados en el desierto egipcio, y los procedentes de las diásporas documentales tras la conquista de Constantinopla por los cruzados y por los otomanos. La actividad cultural toledana se desarrolló durante los siglos XII y XIII, y fue una de las entradas más importantes del conocimiento árabe a Europa, y con él parte de la sabiduría del mundo antiguo. Por otra parte, la desaparición definitiva de Romanía, del Imperio de Oriente al caer Constantinopla en manos de los otomanos en 1453, provocó el consiguiente éxodo de intelectuales bizantinos con algunos libros hacia el Oeste, que contribuyeron a dar el impulso definitivo al Renacimiento. En cuanto a los cruzados, recordemos que el 12 de abril de 1204 la capital del Imperio bizantino fue saqueada por estos durante la cuarta expedición militar de este nombre, destruyendo una ingente cantidad de patrimonio.

Ahora vemos que libros y autores clásicos de los que solamente teníamos unas referencias o a lo sumo unos fragmentos de sus obras, podrían volver a la vida. Recordemos que, por

ejemplo, de la producción de Esquilo, unas 73-90 obras, solo se conservan completas siete y fragmentos de otras pocas. Otro tanto ocurre con las siete que restan de las 123 escritas por Sófocles. Un caso similar es el de Eurípides. Los tres autores son considerados los padres de la tragedia griega. Lo mismo se puede decir de la inmensa mayoría de pensadores y científicos del mundo grecolatino. Incluso una parte importante de la obra del gran Aristóteles no ha llegado hasta nosotros.

Sí, nuevos textos podría salir a la luz. Una pequeña parte del total. Solo queda lamentarnos por todo aquello que no ha podido llegar hasta nosotros.

Hipatia de Alejandría: el fin del clasicismos grecolatino

El Imperio romano de Occidente finalizó formalmente en el año 476 con la deposición de Rómulo Augústulo, un usurpador, por el hérulo Odeacro, un líder germánico y primer rey de Italia, que a su vez terminaría asesinado por el ostrogodo Teodorico «El Grande». A comienzos de la centuria Roma ya había sido saqueada por los visigodos de Alarico, en el año 410, y a mediados de la misma por los vándalos liderados por Genserico, en el año 455. De hecho, los siglos IV y V fueron notablemente turbulentos en el imperio, y contemplaron tanto el abandono de Britania por las tropas y funcionarios imperiales como un declive económico y cultural, especialmente en el Oeste. También se difuminó el paganismo clásico, cuya desaparición tal vez se inició con el Edicto de Milán del 313, de tolerancia hacia el cristianismo por parte de Constantino, y cristalizó con el Edicto de Tesalónica del año 380, que forzó a la profesión de las creencias de los obispos de Roma y Alejandría, convirtiendo así a esta religión en la oficial y única del estado. Es, verdaderamente, el ocaso del mundo grecolatino vigente hasta entonces. Lo que permanecerá en Oriente, Bizancio, será un capítulo nuevo en la historia universal.

En ese escenario se desenvuelve el drama de Hipatia, hija de Teón de Alejandría, matemático y astrónomo que vivió al final del siglo IV. Él fue uno de los últimos integrantes del Museion, de seguir existiendo en ese momento, fundado por los primeros faraones helenísticos de la dinastía tolemaica. Teón, que mejoró algunos instrumentos científicos, escribió comentarios sobre trabajos previos de otros astrónomos. Junto a su hija Hipatia, además de comentar el de Ptolomeo, realizó una crítica de una de las dos versiones que han llegado hasta nosotros de «Los Elementos» de Euclides. La otra fue descubierta mucho después, en el siglo XIX, en la biblioteca del Vaticano. La obra de Euclides ha tenido una gran influencia en el pensamiento occidental, y ha sido así a través de la versión y formulación de Hipatia y su padre.

■ FIGURA 17. MAPA DE LA CIUDAD DE ALEJANDRÍA EN EL SIGLO XIX SUPERPUESTO AL TRAZADO HELENÍSTICO. PROCEDE DE LA GUÍA BAEDEKER DE EGIPTO DE 1885. LA AMALGAMA IRREGULAR DE AQUELLA CONTRASTA CON LA RACIONALIDAD DE LA METRÓPOLI DE ALEJANDRO MAGNO, DE LA QUE SOLO QUEDAN ALGUNOS RESTOS.

Ella, ya sin su progenitor, realizaría comentarios de la «Aritmética» de Diofanto de Alejandría, de la obra de Apolonio de Pérgamo «Sobre las Secciones Cónicas», y tal vez sobre otros trabajos astronómicos de Ptolomeo. Aunque se considera que no escri-

bió ningún trabajo original, fue una excelente editora y compiladora de trabajos anteriores.

■ FIGURA 18. GRABADO DE O. VON CORVEN DE LA BIBLIOTECA DE ALEJANDRÍA, EJECUTADO EN EL SIGLO XIX.

Hipatia, que se educó junto a su padre y también pudiera haber recibido formación en Atenas, se convirtió en la cabeza de la escuela platónica en Alejandría aproximadamente en el año 400, siguiendo a los neoplatónicos Plotino y Jámblico. Bajo este marco, proporcionaba un énfasis científico a sus, según nos han trasmitido, carismáticas enseñanzas, que incluían una gran audiencia de estudiantes cristianos y paganos. Uno de ellos, Sinesio de Cirene, se convertiría en obispo de Ptolemaida, antigua capital de la provincia de Cirenaica, ahora en Libia. Con él mantendría una nutrida correspondencia, de la que se conserva parte, aunque solo algunas de las misivas escritas por él. De los textos de ella, nada ha quedado. También fue maestra del prefecto Orestes, magistrado romano a cargo de Alejandría. De hecho, la muerte de Hipatia estaría ligada al conflicto de aquel con el patriarca de Alejandría. Un conflicto político-religioso que terminaría trasladándose al ámbito privado y académico, con nefastas consecuencias para la vida intelectual de la metrópoli.

Cuando Cirilo, sobrino del obispo Teófilo, sucedió a su tío en el año 412, inició o favoreció enfrentamientos tanto contra el poder civil, representado por Orestes, como contra la comunidad judía, a la que expulsó de manera masiva después de disturbios y matanzas de cristianos y de la consiguiente reacción retributiva contra los judíos. No se olvidó Cirilo de los filósofos, identificados por las turbas cristianas como paganos. En este conflicto, Hipatia se encontraría como punto convergente. En unos pocos años, en el 415, sería asesinada de una manera bárbara dentro de una iglesia, tal vez por monjes venidos del desierto como guardia pretoriana de Cirilo o por el lector Pedro. La consecuencia fue el exilio de gran parte del resto del mundo académico que quedaba en la ciudad de Alejandría, y su consiguiente colapso cultural.

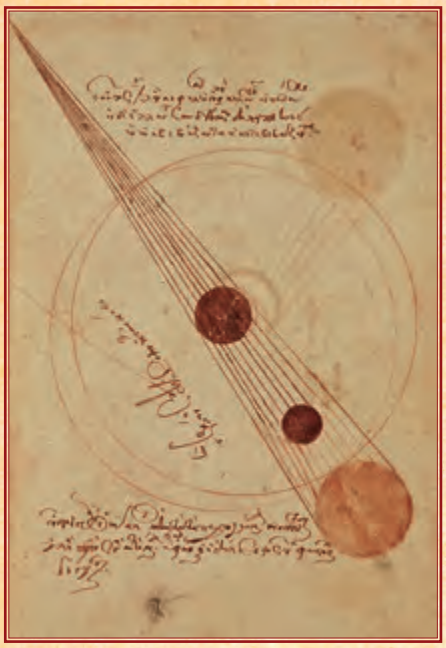
Hipatia fue académica en un mundo de hombres, en el que se ganó admiración y respecto, lo que no se repetiría hasta dieciséis siglos más tarde de manera generalizada para otras mujeres. Con ella, como se ha dicho, termina un mundo y una manera de interpretarlo. Su final es también el crepúsculo de la búsqueda del conocimiento sin connotaciones religiosas. Con el final de ese periodo, también desaparecerá gran parte del acervo cultural acumulado durante centurias.

Monasterios, escuelas de traductores y universidades: supervivencia cultural en las edades oscuras

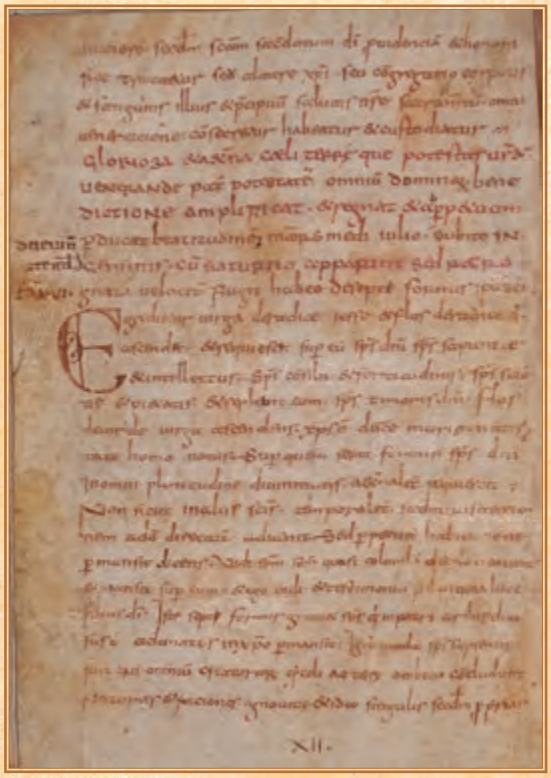
El siglo V de nuestra era alumbra, verdaderamente, un mundo completamente distinto. Los reinos germánicos heredaron las tierras y el control de las poblaciones del Imperio romano del Oeste: ambas orillas del Mediterráneo y las regiones anexas, además de Galia, Germania y Britania. En paralelo se acentuó el declive comercial y económico, además del cultural. Esta falta de vitalidad intelectual fue percibida por cierto número de individuos, que también eran conscientes de la necesidad de conservar el conocimiento de los antiguos. Curiosamente, el cristianismo,

que fue también elemento destructor, contribuyó de manera notable a la preservación: el auge de las comunidades monacales, nacidas en Egipto en el siglo IV, fue una de las herramientas para la custodia de este acervo cultural.

Flavius Magnus Aurelius Cassiodorus Senator, Casiodoro, que vivió entre los años 485 y 580 aproximadamente y que alcanzó la prefectura de pretorio en la corte de Rávena con Teodorico «El Grande», rey de los ostrogodos, también se embarcó en un triple proyecto erudito. Por un lado, crear un puente temporal entre el clasicismo y los nuevos tiempos bárbaros. Por otro, reconectar la tradición latina con la bizantina. Para el tercero, la religión jugó un papel preponderante, al fundar el monasterio de Vivarium, en donde el estudio y la conservación de los textos clásicos tendrían unos roles significativos.



■ FIGURA 19. UN ECLIPSE SOLAR, SEGÚN JUAN DAMASCENO, QUE VIVIÓ EN EL SIGLO VIII, EN UN MANUSCRITO EN GRIEGO DEL SIGLO XIII PROCEDENTE PROBABLEMENTE DE CONSTANTINOPLA. COLUMBIA UNIVERSITY, RARE BOOK AND MANUSCRIPT LIBRARY (SMITH WESTERN ADD. MS 10, F. 114V).



■ FIGURA 20. MANUSCRITO EN LATÍN CON UNA OBSERVACIÓN ASTRONÓMICA DEL AÑO 798. CON PERMISO COLUMBIA UNIVERSITY, RARE BOOK AND MANUSCRIPT LIBRARY (PLIMPTON MS 058, F. 20V).

Benito de Nursia, prácticamente contemporáneo de Casiodoro, dejó una impronta probablemente más significativa, con la fundación de numerosos monasterios, notablemente el de Monte Cassino, cuyas tesoros se salvaron durante la Segunda Guerra Mundial por el celo de dos oficiales alemanes, Maximilian Becker y Julius Schlegel. Su orden y la regla que los guía se extendería por Europa, y con ella la copia de manuscritos.

Durante este inicio de la Alta Edad Media aparece en la España visigoda Isidoro de Sevilla, que vivió entre los años 560 y 636. Probablemente el más gran enciclopedista y compilador del conocimiento grecolatino de su tiempo, sus obras, especialmente «Etimologías», una *summa* del saber universal, tendrán una extraordinaria difusión por todo Occidente y contribuyeron de manera esencial a la preservación de parte del conocimiento acumulado. Bajo su guía, el concilio de Toledo promulgó un decreto obligando a cada obispo a la creación de una escuela en donde se deberían estudiar griego, hebreo, las artes liberales, leyes y medicina.

La contrapartida oriental de Isidoro de Sevilla sería Juan damasceno, teólogo y escritor que vivió en Siria entre el 657 y el 749 y que serviría como puente hacia la cultura musulmana y de ahí, enriquecida, de regreso a Europa Occidental.

Tras esta estela, el renacimiento carolingio, ya en los siglos VIII y IX y a pesar de su breve vida de unas pocas décadas, favoreció enormemente la preservación de manuscritos y la homogeneización de la escritura y del latín, desaparecido hacia mucho como habla y limitado a las élites intelectuales y administrativas. Ambos fenómenos facilitarían enormemente el intercambio cultural entre gentes muy distintas en todo el continente.

En paralelo, Bizancio y el mundo musulmán, bebiendo de las fuentes grecolatinas, desarrollarían sus propias tradiciones. En el caso del Imperio romano de Oriente, reconectaría con Occidente en varias ocasiones, particularmente por eventos violentos como la toma de Constantinopla durante la Cuarta Cruzada en el año 1204 o por los otomanos en 1453, fin convencional de la Edad Media. Ambos sucesos contribuirían a la dispersión de manuscritos y redescubrimiento de su contenido por el resto de Europa, aunque mucho más se perdió durante los subsecuentes saqueos. Por otra parte, la ciencia en los países musulmanes avanzaría de manera independiente, influida por las tradiciones persas e indias, pero siempre realizando contribuciones originales.

■ FIGURA 21. EVOLUCIÓN DE LA TIPOGRAFÍA. LA LETRA MINÚSCULA CAROLINGIA O CAROLINA JUGÓ UN PAPEL DESTACADO EN LA ESTANDARIZACIÓN DE LA ESCRITURA Y EN LA RECUPERACIÓN DE TEXTO LATINOS.

Parte de ese conocimiento se destilaría de regreso a Occidente en la Escuela de Traductores de Toledo, que funcionó durante dos periodos distintos, en los siglos XII y XIII. De entre las numerosas traducciones relacionadas con astronomía, lógica y matemáticas que se produjeron, se encuentran: el Almagesto de Claudio Ptolomeo, «Segundos Analíticos» y «De los Cielos y El Mundo» de Aristóteles, «Sobre la Medida del Círculo» de Arquímedes, «Compendio de cálculo por reintegración y comparación» de Al-Juarismi, «Elementos Astronómicos» de Jabir ibn Aflah, «Los Elementos de Astronomía» de Ahmad ibn Muhammad ibn Kathīr al-Farghānī, «Sobre el astrolabio» de Maslama al-Mayriti, el «Tratado sobre la construcción del universo» de Abū 'Alī al-HaSan ibn al-HaSan ibn al-Haytham o Alhacén, uno de los creadores del método científico, o «Los Elementos de Geometría» de Euclides. Además, se vertieron al latín o al castellano trabajos de otras disciplinas tales como medicina y filosofía, alquimia, etc. En esta ciudad se produjeron dos conjuntos de efemérides astronómicas: las tablas de Toledo y las Alfonsíes, ya bajo la iniciativa del rey Alfonso X El Sabio, ampliamente usadas en todo Occidente hasta la publicación de las tablas rudolfinas en 1627, calculadas por Johannes Kepler y ya basadas en un cosmología heliocéntrica.

La antorcha de la transmisión del conocimiento sería recogida por la orden del Cister en el siglo XII y, sobre todo, por la fundación de universidades, en su mayor parte asociadas a escuelas preexistentes: Bolonia en 1088; París, Oxford y Módena en el siglo XII, Palencia, Cambridge, Salamanca, Montpellier, Padua, Nápoles y Toulouse a comienzos del siglo XIII. Se formalizaron entonces los procedimientos de la enseñanza, basadas en el *trívium* y *quadrívium*, y se sentarían las bases que permitirán la eclosión cultural, científica y técnica a partir del siglo XV. El complemento perfecto, la imprenta de tipos movibles inventada por Johannes Gutenberg, llegaría hacia 1440. Desde ese momento, la producción en masa de libros sería una realidad, lo que proporcionaría una mayor difusión a la cultura y al pensamiento. En el camino, sin embargo, gran parte de la riqueza de la Antigüedad se habrá perdido de manera irrevocable.

■ FIGURA 22. LAS FASES DE LA LUNA SEGÚN JOHANNES DE SACROBOSCO, QUE VIVIÓ EN EL SIGLO XIII, EN UN MANUSCRITO DE LA PRIMERA MITAD DEL SIGLO XV. SACROBOSCO FUE UN GRAN IMPULSOR DE LA NOCIÓN DE LA ESFERICIDAD DE LA TIERRA Y PUBLICÓ «SPHERAE MUNDI», DE DONDE SE HA EXTRAÍDO LA ILUSTRACIÓN. CORTESÍA DE YALE UNIVERSITY, BEINECKE RARE BOOK & MANUSCRIPT LIBRARY (MS 335, PÁGINA 34R, ID 10803566).

Historia de un cometa: la estrella de Belén, el tapiz de Bayeux y Giotto

Los portentos en el cielo siempre han despertado nuestra admiración, nuestras dudas, nuestros miedos...

Una de las primeras asociaciones entre la estrella de Belén y un cometa proviene del texto del exégeta cristiano Orígenes, en su libro «Contra Celso», una respuesta a los escritos de este «Contra los magos» y «El discurso verdadero contra los cristianos», en una batalla dialéctica que tuvo unas extraordinarias consecuencias para la evolución del pensamiento occidental e incluso su historia. Hay dos párrafos en «Contra Celso» que mencionan el posible origen cometario del fenómeno, en referencia a la estrella de Belén. Uno de ellos dice así:

«Yo creo que la estrella vista en Oriente fue nueva, y no se parecía a ninguna de las ordinarias, ni a las esferas fijas ni a las de las esferas inferiores. Por su especie, hubo de ser semejante a los cometas que aparecen de cuando en cuando, o a los meteoros, o a las estrellas con barba o en forma de tonel, o como gusten los griegos de llamar a sus diferentes especies». Orígenes, «Contra Celso», Libro I, capítulo 58.

Un hecho llamativo es que Orígenes no pudo ser testigo presencial, ya que vivió entre el año 185 y el 254 de nuestra era: varias generaciones habían transcurrido desde el avistamiento del evento, que pudo ocurrir unos pocos años antes del cambio de era.

Por otra parte, desgraciadamente y como en tantos otros casos, no se han conservado los libros de Celso y sus ideas están condenadas a permanecer en la oscuridad.

En la capilla de la Arena o de los Scrovegni, en Padua, se encuentra una extraordinaria representación de un cometa, pintada por el artista Giotto di Bondone, verdadero precursor del Renacimiento y cuya vida transcurrió entre los años 1267 y 1337. En esta obra maestra, aparecen los Reyes Magos presentando sus regalos a Jesús de Nazareth y, como telón de fondo, una posible representación del cometa Halley. Pero no es esta la primera vez que este cometa hacía su aparición en el arte.

Existe un maravilloso tapiz que narra la batalla de Hastings, que tuvo lugar en el año 1066. Es esta una de las principales, por la trascendencia posterior, de entre las que ocurrieron en la Edad Media. Los normandos, en pleno proceso expansionista, invadieron Inglaterra e instalaron una nueva dinastía bajo Guillermo el Conquistador y una nueva estructura socio-política. Otros ejemplos de esta dinámica son tanto la toma de Sicilia a los sarracenos o la participación, muy destacada, en la Primera Cruzada, claras señales de una neta superioridad militar, que no cultural. De cualquier manera, en el caso inglés, aprovecharon la inestabilidad del país, ya que justo pocas semanas antes el rey sajón Harolo o Harold II había expulsado a los vikingos noruegos de manera definitiva. Los eventos que condujeron al conflicto están representados en el tapiz de Bayeux, y en él se puede observar el cometa, que en ese año apareció en el cielo. Setecientos años más tarde el cometa Halley se convertiría en prueba fehaciente de la ciencia predictiva desarrollada en Occidente.

■ FIGURA 23. SECCIÓN DEL TAPIZ DE BAYEUX QUE DESCRIBE LA BATALLA DE HASTING EN 1066.

Omar Jayyam: astrónomo, matemático, filósofo... poeta

«Cabalgaba la tierra blanquinegra un bohemio,
ni musulmán, ni hereje, ni laico, ni pío,
sin razón ni verdad, sin principios ni asertos;
en ambos mundos, ¿quién se atreverá a otro tanto?»

Omar Jayyam (o Khayyám) es uno de los intelectuales más prominentes de los siglos XI-XII. Su figura sobresale entre la abundante cosecha que el Islam produjo durante el renacimiento cultural del final del periodo califal. Entre su producción científica destacan sus aportaciones astronómicas, especialmente la corrección del sistema del calendario (el calendario Jalali, Yalalí, Yalaledín, o Al-Tarikh-al-Jalali, con un error de un día cada 3770 años) similar a la reforma gregoriana que se impuso en Occidente entre los siglos XVI y XVII, sus tablas astronómicas, y los desarrollos matemáticos, incluyendo la geometría, en la que fue un precursor de la geometría no euclídea, y el álgebra. En filosofía, como seguidor aventajado de Abū ʻAlī al-Husayn ibn ʻAbd Allāh ibn Sīnā o sencillamente Avicena, fallecido unos diez años antes del nacimiento de Jayyam, impulsó decididamente la difusión de Aristóteles y la reinterpretación del Islam bajo el marco de la filosofía peripatética.

Omar Jayyam, cuyo nombre completo es Ghiyath al-Din Abu'l-Fath Umar ibn Ibrahim Al-Nisaburi al-Khayyami, nace y muere en Nishapur. Esta ciudad persa está localizada en una fértil llanura al noreste de la meseta iraní y que entonces era una capital del gran Imperio selyúcida, que ocupaba desde el Mediterráneo hasta Asia central, fundado por Toghrül ibn Ismail (Tughril Beg) con la toma de Bagdad y la concesión del título de sultán por parte del califa abasí Al-Qa'im. La larga y fecunda vida de Omar Jayyam transcurrió entre el 18 de mayo de 1048 y el 4 de diciembre de 1131 (aunque las fechas varían dependiendo de los autores) y en ese lapso temporal dejó una indeleble huella en la ciencia y la literatura, tanto musulmana como universal. Indudablemente, su biografía estuvo marcada por las vicisitudes del sultanato selyúcida.

■ FIGURA 24. PRIMERA PÁGINA DE UN MANUSCRITO DE OMAR JAYYAM, SIN TÍTULO. TRATA SOBRE ECUACIONES CÚBICAS E INTERSECCIONES DE SECCIONES CÓNICAS Y SE ENCUENTRA CONSERVADO EN LA UNIVERSIDAD DE TEHERÁN.

A los veinticinco años, en la ciudad de Samarcanda, en la actual Uzbekistan, a donde se había trasladado en 1070, escribió su famoso tratado de álgebra «Tesis sobre Demostraciones de Álgebra y Comparación», en el que desarrolló ingeniosos métodos para resolver ecuaciones cuadráticas, similares al usado hoy, o cúbicas, a partir de la geometría y curvas cónicas. Posteriormente escribió los «Comentarios sobre la dificultad de los postulados de Euclides», con el que se anticiparía a los principios de la geometría no-euclidea, desarrollada a comienzos del siglo XIX de modo independiente por Carl Friedrich Gauss, Nikolái Lobachevsky, János Bolyai o Ferdinand Schweickar.

El nieto de Toghrül Beg, Malikshah Jalal al-Din o simplemente Malik-Shah, fue gobernador de la importante ciudad de Isfahan a partir del año 1073. Tal era la fama de Jayyam a sus veinticinco años, que hasta allí fue llamado por Malik-Shah para, junto con otros reputados astrónomos, entre los que se incluían los renombrados Abu Hatim Muzaffar Isfazari, Abul Abbasi Lukari, Abu al-Rahman Khazeni, y Maymun ibn-i Najib Busti, construir un observatorio. En Isfahan lideró la compilación de unas tablas astronómicas, instrumento indispensable para calcular la posición de los planetas, las fases de la Luna, los eclipses y otra información relevante para el calendario, actividades que también tenían una importante función civil, al estar relacionada con el pago de ciertos impuestos. Allí fue cuando realizó su importante reforma del calendario persa, de origen zoroástrico, y que todavía sigue en uso, aunque fue, a su vez, reformado en 1925.

Jayyam midió la duración del año con una precisión exquisita, obteniendo un valor de 365,24219858156 días. Aunque la duración del año varía, el año solar o trópico dura 365,242190402 días solares medios. Este se define como el tiempo que transcurre entre dos pasos consecutivos del Sol por el equinoccio o el tiempo transcurrido entre el comienzo de dos primaveras consecutivas. Esto es, la diferencia de su cálculo es de menos de un segundo, según John O'Connor y Edmund Robertson, de la Universidad de St. Andrews. Su calendario solar, denominado Jalali, como ya se ha dicho, tiene un error de un día cada 3770 años, aunque también se puede encontrar en la literatura que su error es ¡de una hora cada 5500 años! En cualquier caso, significativamente más preciso que el calendario gregoriano que utilizamos de manera generalizada hoy en día.

Se afirma que incluso propuso un sistema heliocéntrico, en el que la Tierra giraría en torno al Sol, unos cuatrocientos años antes que Nicolás Copérnico publicase «*De revolutionibus orbium coelestium*» en 1543, aunque ya lo había postulado Aristarco de Samos en el siglo III antes de nuestra era. Tal vez la supuesta idea heliocéntrica del pensamiento de Jayyam se fundamente en un cuarteto sugerente:

«Nos asombra el constante girar del firmamento;
una linterna mágica nos servirá de ejemplo:
la lámpara es el Sol, pantalla el universo,
y las constelaciones rodando en él, nosotros».

Este periodo de creatividad académica terminaría junto con la paz impuesta por el régimen selyúcida. Malik-Shah murió en 1092, su visir Nizam al-Mulk sería asesinando por la secta de los nizaríes (los famosos *hashshashiín*) ese mismo año, y el apoyo real al observatorio cesaría. Simultáneamente, el tipo de vida y las posiciones intelectuales de Jayyam, muy liberales, serían cuestionadas por los sectores más fundamentalistas de la ortodoxia sunní. Aún así, Jayyam permaneció con la corte y años después se le puede encontrar en la ciudad de Merv, en Turkmenistan, junto Mu'iz ud-Dîn Ahmad-e Sanja, tercer hijo de Malik-Shah y sultán de todo el imperio a partir de 1118 después de una guerra fraticida con sus dos hermanos, y que había hecho de aquella ciudad la capital del sultanato. Después de viajar a la Meca, con el objetivo de alejarse de los disturbios religiosos, regresó a Nishapur, donde permaneció hasta su muerte.

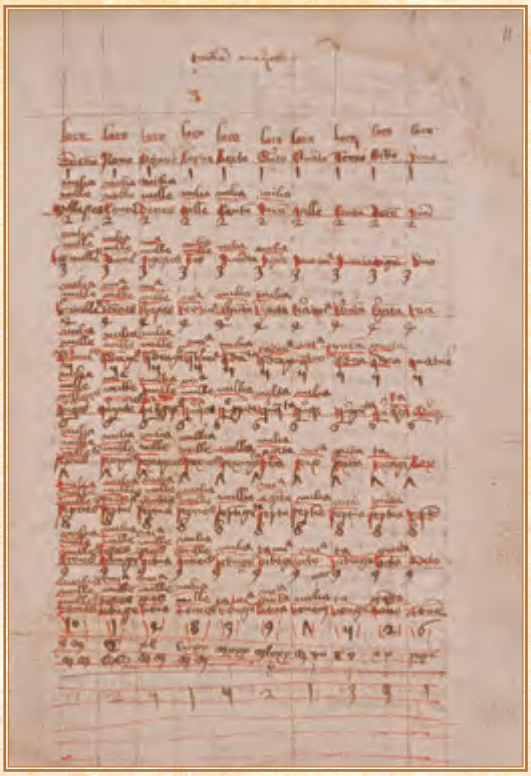
En lo referente a su poesía, expuesta en los *Ruba`iyyat* o *Rubaiyat*, la primera aproximación de Occidente fue en una versión inglesa: la conocida y controvertida de Edgard Fitzgerald, realizada en el siglo XIX. La influencia del original ha sido tan intensa en Oriente que existen numerosos *Rubaiyat* apócrifos y no existe un acuerdo sobre los que verdaderamente fueron escritos por Jayyam. En sus cuartetas, pues esto es lo que significa *Rubaiyat*, Jayyam nos habla de vinos y amores; de las alegrías de la vida, y sus decepciones. Escéptico siempre, sin embargo nos lleva a múltiples comuniones con ideales más elevados. Pero, sobre todo, Jayyam canta a la libertad y a los peligros, a la incertidumbre, que aquella encierra.

Omar Jayyam es, en verdad, digno ejemplo de hombre completo. Infatigable viajero, científico inquisitivo, filósofo paciente. Y, sobre todo, poeta sediento de vida.

«Solo si nos cogemos de la mano, podremos
pisotear la pena con saltos de alegría;
¡ánimo! Respiremos antes que surja el alba;
surgirán muchas albas cuando no respiremos».

De números y caligrafías

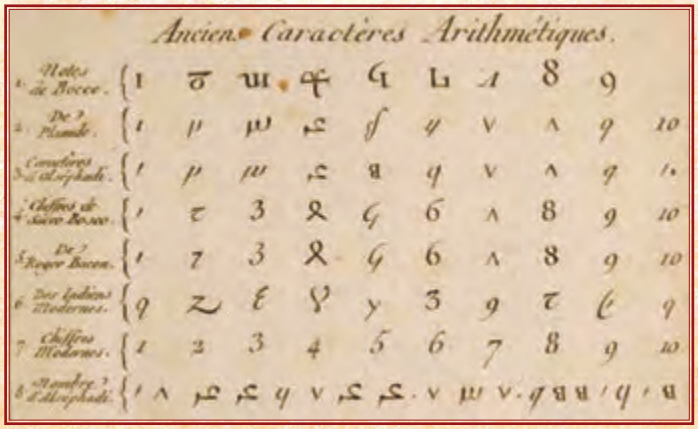
El lenguaje de las ciencias es matemático: está basado en la cuantificación. Y su expresión es el número. Cada cultura avanzada ha tenido su propia forma de expresarlo y escribirlo. No todas ellas han funcionado en base diez, agrupando en múltiplos de este número. Los mayas, reputados astrónomos, preferían una base vigesimal. Los antiguos griegos desarrollaron potentes cálculos usando las letras de su alfabeto. Los romanos nos legaron un complejo sistema de numeración, que aun hoy seguimos utilizando en determinadas ocasiones. Un ejemplo son las fechas. Y si nos remontamos más en el tiempo, el sistema sexagesimal presente en relojes y en ángulos (sesenta segundos por minuto, sesenta minutos por grado u hora) tiene su origen en Mesopotamia, con los sumerios y babilonios, hace cinco o seis mil años. Sin embargo, ¿de dónde provienen nuestros actuales números, los dígitos que a diario utilizamos?



■ FIGURA 25. «ALGORISMUS», DE JOHANNES DE SACROBOSCO, QUE FUE ESCRITO ALREDEDOR DEL AÑO 1225, EN MANUSCRITO DEL MEDIADOS DEL SIGLO XVI. TAMBIÉN DENOMINADO «DE ARTE NUMERANDI», FUE EL PRIMER TRATADO QUE INTRODUJO LOS NUMERALES INDO-ÁRABES EN EL CURRICULUM EUROPEO. CON PERMISO DE COLUMBIA UNIVERSITY, RARE BOOK AND MANUSCRIPT LIBRARY (PLIMPTON MS 184, F. 11).

Quien haya mirado alguna vez algún número árabe (por ejemplo en billetes de banco) habrá notado la familiaridad con los caracteres que se empezaron a utilizar en Occidente allá por el siglo XIII a partir de aquellos y que luego se han difundido por todo el mundo. Sin embargo, hay obvias diferencias. ¿Cómo se produjo la evolución?

Los primeros caracteres arábigos actuales datan del siglo IV. Surgieron probablemente por la interacción creada por viajeros y caravanas procedentes de distintos entornos culturales (Etiopía, el Mediterráneo romano, el Imperio sasánida en Persia), a partir de alfabetos derivados del fenicio. Sin embargo, su verdadero



■ FIGURA 26. EJEMPLOS DE NÚMEROS CORRESPONDIENTES A DIVERSOS AUTORES EN DISTINTOS MOMENTOS. JEAN-ÉTIENNE MONTUCLA, «HISTOIRE DES MATHÉMATIQUES», 1758 (EN LA SEGUNDA EDICIÓN DE 1798).

desarrollo coincide con la expansión del Islam a partir del siglo VII, que a su vez conecto a Europa con Asia de manera más o menos estable. Los primeros numerales arábigos hicieron su aparición en el siglo VII en Oriente Medio, heredados de los indios, donde se podrían haber desarrollado poco antes. En Europa se comenzaron a utilizar a partir del siglo XIII en España, en Al-Andalus, e Italia, en donde se vieron difundidos a partir de los trabajos de Leonardo Pisano Bigollo, o sencillamente Fibonacci. Como curiosidad, el castellano se ha escrito en caracteres árabes (aljamía), y también en caracteres hebreos. El cero, un número sorprendente por su utilidad, nos llega desde la India (inventado en el siglo IX o tal vez anterior), aunque los mayas lo creasen 900 años antes de manera independiente. Curiosamente, aparentemente ni griegos ni romanos tuvieron la necesidad de disponer de un símbolo para este concepto.

La espada y el cuadrante: Timur y Ulugh Beg

Difícil es no juzgar. Pero al contemplar el mausoleo de Timur, el conquistador turco-mongol del siglo XIV, y a sus pies la tumba de su nieto Ulugh Beg, el reputado astrónomo medieval, es imposible no ver la gran diferencia que hubo entre ellos.

Héroe nacional, unificador de tribus, creador de un imperio, pacificador de reinos turbulentos.... Otros podrían decir que fue el causante de un extraordinario número de muertes, estimadas entre siete y veinte millones en sus casi cuarenta años de reinado. Timur o Tamerlán, que solo se dio así mismo el título de emir, nació en Transoxiana, más allá del mítico río Oxus, el actual Amur Darya. Una región rica en influencias culturales e invasiones: desde los persas aqueménidas (denominada entonces Sogdiana), pasando por el reino greco-bactrio heredero de la Bactria alejandrina, hasta los árabes. Posteriormente, mongoles y rusos han dejado su huella en este céntrico lugar asiático. De hecho, la vital y mítica Ruta de la Seda cruza el país y fue de manera simultánea fuente de males y bendiciones.

■ FIGURA 27. EL MAUSOLEO DE TIMUR Y ULUGH BEG, EN SAMARCANDA. EL CONQUISTADOR SE ENCUENTRA EN UN TÚMULO EN PIEDRA NEGRA. A SUS PIES REPOSA EL CUERPO DE SU NIETO ULUGH BEG: SEÑOR DE UN GRAN IMPERIO PERO SOBRE TODO REPUTADO ASTRÓNOMO.

Desde su nacimiento en 1336 hasta el 19 de febrero de 1405, fecha de su muerte, la vida de Timur fue un continuo batallar, una incesante lucha por dominio y poder. Dentro de su tribu, en los incesantes juegos inter-tribales hasta hacerse con la hegemonía y con el control de los recursos militares de los nómadas y poblaciones asentadas en sus ricas ciudades. Con otros reinos, llegando en varias ocasiones al Cáucaso, sometiendo a ciudades sirias, con el saqueo de Damasco; humillando al incipiente Imperio otomano, con el cautiverio y muerte del sultán Bayaceto I; o la invasión de parte de la India, incluyendo la ocupación de Delhi. De hecho, su muerte le sorprendió en pleno comienzo de la invasión de la China de la dinastía Ming. Solo podemos especular sobre qué hubiera sucedido de conseguir subyugar aquel poblado país. Como tampoco podemos saber qué hubiera ocurrido de haber tenido éxito la embajada castellana de Rui González de Clavijo a la corte del conquistador turco-mongol, buscando una alianza contra los otomanos que ya habían conquistado Anatolia y asediado Constantinopla.

En este periodo de conquista, el Imperio de Timur llegó a cubrir una amplia extensión de terreno desde el Mar Negro hasta los pies del Himalaya, incluyendo la totalidad de Irán,

Afganistán, Turkmenistán, Uzbekistán, Tayikistán, Azerbayán, Armenia, Georgia y partes de Irak, Turquía, Siria, Pakistán, India, Kazajistán y Kirguistán.

Indudablemente Timur dejó un importante legado en varios campos. Aunque la dinastía timúrida y su imperio desaparecieron pronto en la Transoxiana, las actuales repúblicas centroasiáticas, sus descendientes siguieron rigiendo los destinos de la India, con el Imperio mogol. Inicialmente *de facto* y formalmente después de la penetración británica, hasta que fueron depuestos tras la proclamación de la reina británica Victoria como emperatriz en 1857. Por otra parte, la reunificación de áreas tan diversas como el Cáucaso, la península de Anatolia, la región mesopotámica, Persia o parte del subcontinente indio con la Transoxiana favoreció un indudable desarrollo cultural. Una fértil herencia, regada con una generosa y dolorosa dosis de sangre y fuego.

■ FIGURA 28. WALTERUS, TYCHO BRAHE, ULUGH BEG, TIMOCARES DE ALEJANDRÍA, HIPARCOS, PTOLOMEO, AL-BATTANI, REGIOMONTANO Y COPÉRNICO. GRABADO EXTRAÍDO DE «FIRMAMENTUM SOBIESCIANUM, SIVE URANOGRAPHIA», DE JOHANNES HEVELIUS, IMPRIMIDO EN 1690. LOS PERSONAJES APARECEN DE IZQUIERDA A DERECHA Y LA FIGURA TAMBIÉN INCLUYE ALEGORÍAS DEL CIELO Y LOS PLANETAS Y AL PRÍNCIPE DE HASS. CORTESÍA DE UNIVERSITÄT WIEN (UNIVERSIDAD DE VIENA, HW 14).

En ese contexto político-cultural, en ese verdadero crisol de culturas, hombres y ambiciones, surge Ulugh Beg, también llamado Mirza Mohammad Taregh bin Shahrokh o simplemente Mirzo. Sería alumno del ilustre Kazi zade Rumi, contemporáneo de los matemáticos y astrónomos Giasiddin Jamshid Koshy y Alauddin Ali Kushchi, y heredero intelectual de Abu Ali ibn Sina (Avicena) y de Omar Jayyam, verdaderos exponentes de la astronomía medieval musulmana, tan importante para el desarrollo occidental. En verdad el actual Uzbekistán ha sido cuna de algunos de los más renombrados e influyentes personajes. Ulugh Beg se convirtió, tal vez a su pesar, en el señor del Imperio timúrida tras la muerte de su padre, Shah Rukh, cuarto hijo a su vez de Timur.

Reinó Ulugh Beg, nacido en 1393 o 1394, desde el 1447 hasta 1449. Durante su vida desarrolló una intensa vida intelectual a pesar de su origen, deberes y destino: la corona imperial. De hecho, es con razón uno de los grandes astrónomos medievales y realizó numerosas aportaciones a la trigonometría y la geometría. Entre otras contribuciones, compiló el que fue probablemente el mejor catálogo estelar, denominado Zij-i-Sultani, entre el obtenido por Ptolomeo en el siglo II hasta el publicado por Tycho Brahe cien años más tarde, a finales del siglo XVI, y recalculó con extraordinaria precisión la inclinación de la Eclíptica, el plano de la órbita de la Tierra alrededor del Sol, y la duración del año sidéreo, el tiempo que tarda la Tierra en regresar al mismo punto de su órbita, tomando como referencia las estrellas de su catálogo.

■ FIGURA 29. LO QUE RESTA DEL CUADRANTE MURAL DEL OBSERVATORIO DE ULUGH BEG. EL RADIO ALCANZABA UNOS 36 METROS APROXIMADAMENTE, CERCA DE LA CIUDAD DE SAMARCANDA.

Ulugh Beg construyó en la ciudad de Samarcanda un gran observatorio astronómico, Gurkhani Zij, que dotó de moderna instrumentación entre la que

destacó el inmenso cuadrante Fakir, de unos 36 metros de radio. Dado que el telescopio se inventaría más de un siglo después, tal vez en Holanda o incluso en España a mitad del siglo XV, aunque el primer uso astronómico se debe al gran Galileo, y no tenía acceso a instrumentación óptica, la manera de conseguir mejores precisiones se encontraba en el gigantismo, en la instrumentación de gran tamaño. Tycho Brahe también construyó sextantes y cuadrantes murales de gran tamaño, años después, sin llegar al extremo del erigido en Gurkhani Zij. El observatorio sería destruido nada más morir Ulugh Beg, asesinado por su hijo mayor, quien ambicionaba la corona y probablemente no apreciaba ni la actividad científica ni educativa de su padre, que enseñaba de manera regular en la gran e imponente madrasa de la céntrica plaza del Registán. Excavaciones realizadas en el siglo XX han permitido sacar a la luz parte de dicho cuadrante, verdaderamente impresionante incluso en la parte que ha llegado hasta la actualidad.

SIVE
TABVLÆ
LONG. AC LAT. STELLARUM FIXARUM
EX OBSERVATIONE
ULUGH BEIGHI,
TAMERLANIS Magni Nepotis, Regionum ultra citráque GIHUN (i. Oxum) Principis potentissimi.

■ FIGURA 30. EDICIÓN BILINGÜE, EN LATÍN Y PERSA, DE «TABULAE LONGITUDINIS ET TATITUDINIS STELLARUM TIXARUM EX OBSERVATIONE ULUGBEIGHI)». TRADUCCIÓN DE THOMAS HYDE EDITADA EN 1665 A PARTIR DEL CATÁLOGO ZIJ-I SULTANI DE ULUGH BEG (ORIGINAL DE 1437).

Curiosamente, no es el único timúrida que dedicó parte de su tiempo a la astronomía. Años después, en la India mogola reinaría Nasir ud-din Muhammad Humayun, hijo del conquistador de la India Babur. Nacido en 1508, falleció en 1556 como consecuencia de una caída al descender desde su afamado observatorio de Gyarah Sidi («Los once pasos»). Claro que en otras versiones el accidente se produciría al caer desde su biblioteca. En cualquier caso, un intelectual versado en los cielos.

Diferentes trayectorias y destinos los de Timur y su nieto Ulugh Beg. Conquistador y fundador de una dinastía de soberanos el primero, científico y continuador de una rica tradición intelectual el segundo. Aunque Ulugh Beg descanse a los pies del gran guerrero, no hay dudas sobre quién ha sido más grande, quién nos ha dejado el mejor legado.

La república de las letras

Incluso durante los años más negros de las guerras de religión en el siglo XVI las comunicaciones entre los hombres de la cultura y su ideal común, el conocimiento, nunca dejaron de existir. Tanto los humanistas, entre los que destacaría Erasmo de Rotterdam, como los primeros científicos modernos, con Galileo a la cabeza, hasta llegar a la verdadera revolución intelectual del XVII y del XVIII, con Kepler, Descartes y Newton, por mencionar unos pocos, nunca cejaron en sus contactos. Todos ellos, más que en un determinado país, vivieron y soñaron en un espacio imaginario, en una verdadera República de las Letras, a la que se podría añadir la expresión «y de las Ciencias». Sus lealtades no estaban con naciones, o al menos no solamente, sino con la indagación de la verdad. Citando a Erasmus, aunque se refería al siglo XVI, bien se podría aplicar a la actualidad:

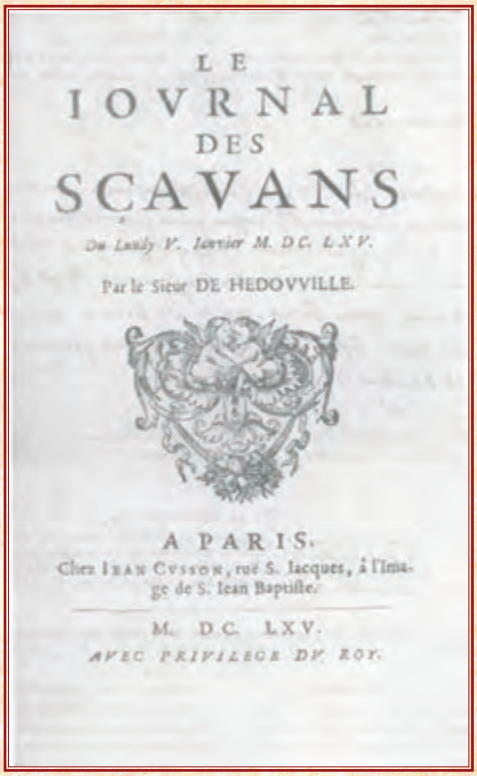
«Debemos desear suerte a este siglo: será el de la edad de oro».

La llamada República de las Letras fue una red epistolar que se desarrolló a partir de siglo XVI y que se extendió masivamente por el continente en el XVII y el XVIII. En cierto sentido fue una relación piramidal, en donde las cartas se copiaban y circulaban ampliamente, incluyendo a nuevos miembros, que a su vez incrementaban la difusión y la red de contactos. No era una sociedad como tal, sino una construcción mental, un sentimiento de pertenencia a una comunidad que intentaba entender la realidad y que necesitaba comunicar sus descubrimientos. Un flujo de información sin fronteras, aunque los conflictos y los nacionalismos no siempre fueron ajenos.

La *lingua franca*, como no podría ser de otra manera, era el latín, en una forma académica desarrollada durante la Edad Media. Aunque las cartas intercambiadas eran manuscritas, indudablemente la aparición y el desarrollo de la República de las Letras tiene que ver con la invención de la imprenta de tipos movibles y la reimpresión y circulación de libros que se encontraban «secuestrados» en bibliotecas de monasterios, así como una incesante actividad intelectual que produjo gran cantidad de nuevos trabajos y descubrimientos.

Junto a cierta profesionalización de la actividad científica, surgieron de manera natural las primeras sociedades científicas. La *Academia Secretorum Naturae* fue fundada en Nápoles en 1560, territorio del Imperio español, para ser clausurada por la Inquisición dieciocho años después. El relevo lo tomaría la *Accademia dei Lincei* en 1603, en Roma, que terminará con su actividad en 1651. De naturaleza más restrictiva fue la Academia de Matemáticas, creada por Felipe II en 1582 en España y cuyo objetivo era aunar los esfuerzos de geógrafos, astrónomos, arquitectos e ingenieros al servicio del Imperio. En Francia aparecerían la *Académie Française* en 1635 y la *Académie des Sciences* treinta y un años después, bajo los auspicios de Luis XIV. En 1662 el rey Carlos II de Inglaterra dará carta de naturaleza a la *Royal Society*, la sociedad científica más longeva, pues ha mantenido su actividad de manera ininterrumpida hasta la actualidad.

El intercambio informativo también se profesionalizaría, y así, en el año 1665 aparecerían dos publicaciones en Francia e Inglaterra que tendrían una gran influencia a nivel continental: «*Journal des Sçavans*» y «*Philosophical Transactions*». La primera fue fundada por Jean Gallois y Denis de Sallo, y la inglesa fue editada y publicada por Henry Oldenburg. Algo después aparecería en tierra germanas, en 1682, «*Acta Eruditorum*», editada por Otto Mencke; y en los Paises Bajos «*Nouvelles de la République des Lettres*», en 1684 y editada por Pierre Bayle, y dos años más tarde «*Bibliothèque Universelle*» dirigida por Jean Le Clerc. Rápidamente se harían hueco algunas lenguas romances, especialmente el inglés y, sobre todo, el francés.


LE
IOVRNAL
DES
SCAVANS
Du Lundy V. Ianvier M. DC. LXV.
Par le Sieur DE HEDOVVILLE.
A PARIS.
Chez IEAN CVSSON, rue S. Iacques, à l'Image de S. Iean Baptiste.
M. DC. LXV.
AVEC PRIVILEGE DV ROY.

■ FIGURA 31. PORTADA DEL PRIMER NÚMERO DE «JOURNAL DES SÇAVANS», DEL 5 DE ENERO DE 1665.

Las intenciones quedaban claras para todos. Como ejemplo, baste la carta de presentación de la nueva publicación inglesa, en la que Oldenbrug escribiría a los miembros de la *Royal Society*:

«... el noble compromiso de difundir el verdadero lustre de sus gloriosos trabajos y de las felices invenciones de obedientes hombres alrededor de todo el mundo para el beneficio general de la humanidad.»

Un loable deseo, que no siempre se ha cumplido.

El Océano Pacífico: algo más que el «lago español»

EL REPARTO DEL MUNDO: LOS CONFLICTOS ENTRE PORTUGAL Y ESPAÑA

El descubrimiento de América y su posterior colonización abre un conflicto entre España y Portugal, que ya se encontraban en pugna por la navegación y por el dominio de las islas del océano Atlántico: la delimitación de las áreas de exploración y conquista. El Tratado de Tordesillas, continuación de las bulas de demarcación del papa Alejandro IV de 1493, cuya firma en 1494 requerirá la intervención de un comité de expertos, establece una línea de meridiano definida desde polo a polo a 370 leguas al oeste de las islas de Cabo Verde. Así, las nuevas tierras del hemisferio occidental serían responsabilidad de España, y las orientales de Portugal. De hecho, solo es el primer capítulo, un armisticio momentáneo, porque eventualmente los enfrentamientos se producirán en un teatro bien distinto: el otro extremo del mundo.

■ FIGURA 32. EL PLANISFERIO DE CANTINO DE 1502. MAPA PORTUGUÉS, MUESTRA EL MERIDIANO DEMARCADO POR EL TRATADO DE TORDESILLAS DE 1594. EL CONTRAMERIDIANO, A 180 GRADOS DE AQUEL, SERÍA DEFINIDO POR EL TRATADO DE ZARAGOZA DE 1529. CORTESÍA BIBLIOTECA ESTENSE.

En el año 1505, después de la Junta de Toro, la Casa de Contratación de Sevilla inició la búsqueda de un paso que permitiera la comunicación marina hacia Asia, el objetivo inicial de la aventura de Cristóbal Colón. Sin embargo, sería una expedición terrestre, la de Vasco Núñez de Balboa, la que descubrió tras atravesar el istmo de Panamá el Mar del Sur, el inmenso océano Pacífico. Al año siguiente, se le encargó a Juan Díaz de Solís la búsqueda de un paso desde el Atlántico al Pacífico, pero moriría en el intento en el Mar de la Plata, muy lejos de su destino.

El marino Fernando de Magallanes (Fernão de Magalhães), después de una dilatada trayectoria en la India y en la península malaya que duró siete años, regresó a Portugal en 1512. Conocedor de las Islas Molucas o de las Especias por la correspondencia con su amigo Francisco Serrão, primer europeo que alcanzó este archipiélago y que se convirtió en consejero militar del sultán de Ternate, se trasladó a España en 1517 después de tener problemas con la corte portuguesa. Fue capaz de convencer a Carlos I de que las Molucas deberían quedar bajo soberanía hispana y este decidió aprobar el viaje, que la corona financió de manera parcial. El rey de Portugal intentaría parar la expedición y las autoridades españolas tambien miraron con suspicacia a la misma, hasta el punto de forzar el cambio de gran parte de la tripulación para que hubiera más españoles y menos portugueses. Partirían finalmente en 1519 con cinco buques, para estar de regreso tres años más tarde, en una sola nao.

Antonio Pigafetta, cronista oficial, que a la postre será uno de los escasos supervivientes, relató el viaje. En él, Magallanes se dejará la vida, en un encuentro armado en Filipinas, después de una complicadísima travesía del Pacífico en la que se descubren las Islas de los Tiburones (tal vez Puka Puka), San Pablo (Vostok o Flint) y las Islas Marianas. Si Magallanes pensaba realmente que las Molucas quedaban hacia el este de la línea de antimeridiano, opuesta a la que acordada el tratado de Tordesillas, se equivocó, como le ocurrió a Colón. Su travesía del océano fue mucho más larga de lo que esperaba, y tuvo que recorrer muchas más leguas, consecuencia de la imposibilidad de determinar de manera precisa la longitud. No sería el primero ni el último en sufrir este problema. En cualquier caso, el cruce del Pacífico permitió, por primera vez, tener una imagen fidedigna de su verdadera extensión.

■ FIGURA 33. PADRÓN REAL O GENERAL DE DIEGO RIBERO, DE 1529. TAMBIÉN LLAMADO DIOGO RIBEIRO EN PORTUGAL, ANTES DE SU NATURALIZACIÓN CASTELLANA. EL MAPAMUNDI MUESTRA EL PROFUNDO DESCONOCIMIENTO DE LA COSTA OESTE DEL CONTINENTE AMERICANO Y UN GRAN VACÍO EN EL OCÉANO PACÍFICO. ESTE MAPA, CONSIDERADO COMO EL PRIMERO EJECUTADO CIENTÍFICAMENTE, ESTABA EN LA CASA DE CONTRATACIÓN DE SEVILLA Y ERA SECRETO DE ESTADO. ERA LA REFERENCIA OFICIAL Y OBLIGATORIA PARA TODOS LOS PILOTOS Y CARTÓGRAFOS ESPAÑOLES. BIBLIOTECA APOSTÓLICA VATICANA, CIUDAD DEL VATICANO (CARTE NAUTICHE BORGIANO III).

Juan Sebastián Elcano, ya capitán de la nao Victoria, decidió continuar hacia el Oeste, mientras que Gonzalo Gómez Jiménez, al mando de la nave capitana Trinidad, resolvió permanecer para repararla y más tarde regresar por el camino de ida, intentando por primera vez el tornaviaje, aunque desistirá y terminó apresado por los portugueses. En el camino descubrieron las islas Palaos, y varias de las Carolinas y las Molucas. Por parte de Elcano, después de grandes penalidades y de dejar a trece miembros de la tripulación, llegaría a España con diecisiete hombres en la nave Victoria, de los más de 200 que partieron, con un día de anticipación a sus cuentas, porque al haber navegado hacia el Oeste ganaron, inadvertidamente, veinticuatro horas. Otros dieciséis regresarían con posterioridad. El secretario de Carlos I, Maximilianus Transylvanus, entrevistaría a varios supervivientes y publicaría ese mismo año «*De Moluccis Insulis*», la primera descripción del primer viaje de circunnavegación del globo: la prueba empírica absoluta de su esfericidad.

La segunda parte del conflicto con Portugal estaba servida: ¿cuál era el antimeridiano según el tratado de Tordesillas y a qué país le correspondería las fabulosas islas de la especiería? En 1524 se convocó un comité hispano-portugués para delimitar las áreas de influencia y definir a quién pertenecía el archipiélago. Este grupo incluiría a tres astrónomos y varios pilotos y marinos. Las partes se reunieron en Badajoz y Elva pero no llegarían a ningún acuerdo. Y es que la necesidad de medir la longitud era determinante para dilucidar el problema, y en la práctica por motivos técnicos este era de imposible solución. Finalmente, según el tratado de Zaragoza de 1529, Portugal pagó por la adquisición del archipiélago, aunque la corona hispana se reservaría el derecho de recompra.

Simultáneamente a la ampliación de los territorios hispanos y lusitanos en ultramar, Portugal y España «disminuían» de tamaño. Orontius Finaeus, en su mapamundi de 1531, reprodujo el Mediterráneo a una menor escala respecto a la aceptada desde Claudio Pto-

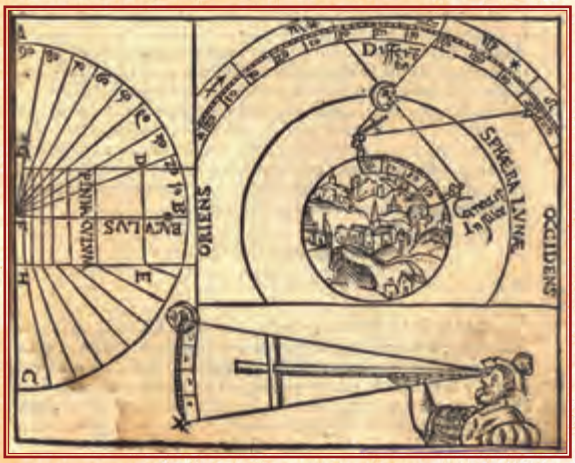
■ FIGURA 34. EL TERRITORIO ASIGNADO A ESPAÑA POR LOS TRATADOS DE TORDESILLAS Y ZARAGOZA, EN UN MAPA PUBLICADO EN 1622. APARECIÓ EN «NOVUS ORBIS SIVE DESCRIPTIO INDIAE OCCIDENTALIS», DE ANTONIO DE HERRERA Y TORDESILLAS. CON PERMISO DEL REAL INSTITUTO Y OBSERVATORIO DE LA ARMADA (SIGNATURA 05414).

lomeo: desde 62 hasta 56 grados de longitud, con objeto de dejar sitio para las nuevas tierras descubiertas. La consecuencia fue una contracción del tamaño de la península Ibérica prácticamente a la mitad comparado con el mapa de Berdardus Sylvanus de 1511. Así, un cosmógrafo reducía las posesiones de un monarca a golpe de pluma. No sería la última vez.

Regimiento de

Sigueſe la figura de la Balleſtilla, con ſu tranſuerſario.

■ FIGURA 35. BALLESTILLA Y DESCRIPCIÓN DEL USO DE LA MISMA. PERMITE LA MEDIDA DE DISTANCIAS ANGULARES, AUNQUE DE MANERA MUY POCO PRECISA. ESTÁN TOMADAS DEL MANUAL «REGIMIENTO DE NAVEGACIÓN...», DE ANDRÉS GARCÍA DE CÉSPEDES, EN SU EDICIÓN DE 1606, Y DE LA VERSION EN ESPAÑOL DE «COSMOGRAPHIA», DE APIANO, DE 1548. CON PERMISO DEL REAL INSTITUTO Y OBSERVATORIO DE LA ARMADA (SIGNATURA 03535-59V Y 02193-14R).



LA EXPLORACIÓN DEL PACÍFICO

Las aventuras transatlánticas de los barcos de las coronas ibéricas abrieron un nuevo mundo, pero también exigieron una especialización y una renovación tecnológica. En particular, los pilotos mayores o cosmógrafos reales jugaron un papel esencial en la sistematización del conocimiento y en la transmisión del mismo. En Portugal, destaca sobre todo la figura de Pedro Nunes[3], que formaría a sucesivas generaciones en las universidades de Lisboa, Coimbra y Salamanca, y del que se llegaría a decir que era uno de los mejores matemáticos de su tiempo. En el lado castellano figuran los hermanos Pinzón, Juan de la Cosa, Amerigo Vespucci y Juan Caboto. En cualquier caso, existió una notable fluidez entre Sevilla, en donde se encontraba la Casa de la Contratación, y Lisboa: lusitanos, españoles e italianos cambiaban de puesto con notable facilidad, aun antes de la unión ibérica en 1580.

3. Cuyo nombre latinizado era Petrus Nonius. En España y en numerosas ediciones de sus libros aparece como Pedro Núñez.

El periplo alrededor del planeta de Magallanes-Elcano inició la exploración del Pacífico por los buques españoles. Los descubrimientos y asentamientos se realizarán en dos fases; 1521-1606 y durante los reinados de Carlos III y su hijo Carlos IV. Estarán marcadas por la necesidad de comerciar con Oriente de manera efectiva y segura, y siempre habrá un factor geoestratégico en juego: la exclusión de actores de otros países en la medida de lo posible.

Durante la primera fase se descubrieron un gran número de islas. Sin embargo, en varios casos de difícil identificación con accidentes geográficos actuales, dado que entonces no se disponía de ningún método efectivo para determinar la longitud y la medida de la latitud era de una precisión mediocre, ya que solo se disponía de ballestillas, astrolabios y cuadrantes, o instrumentos menos conocidos como los anillos astronómicos, el «*equatorioum*» o el «*torquetum*». El problema se acentuaba en alta mar, sobre todo en aquel océano desconocido y colosal.

También habrá un aspecto mítico en estas exploraciones casi desesperadas, en las que numerosos marinos se embarcan en expediciones sucesivas. El objetivo: el hallazgo de las minas del rey Salomón y la fabulosa isla de Ofir. Otros «El Dorado», esta vez en mitad de la inmensidad del mar. No olvidemos que en el imaginario de estos exploradores estaba la conquista de los riquísimos imperios de los aztecas e incas por Hernán Cortés y Francisco Pizarro en 1520 y 1532, respectivamente.

Anillo Astronomico

¶ Cap. 12. Dela altitud del sol y de las estrelles.

■ FIGURA 36. DESCRIPCIÓN EN ESPAÑOL DEL USO DE UN ANILLO ASTRONÓMICO Y UN «EQUATORIOUM». ESTE ÚLTIMO INSTRUMENTO ES UN SISTEMA ANALÓGICO QUE PERMITE CALCULAR DE MANERA SENCILLA LAS EFEMÉRIDES, EN ESTE CASO DE JÚPITER. AMBOS APARECEN EN LIBROS DE PEDRO APIANO: «COSMOGRAPHIA» DE 1548 Y «ASTRONOMICUM CESAREUM» DE 1540. CON PERMISO DEL REAL INSTITUTO Y OBSERVATORIO DE LA ARMADA (SIGNATURA 02193-66V Y 15963-D).

Serán múltiples las expediciones y viajes secundarios. Entre otras se encuentran la de García Jofre de Loaysa o Loaísa, desde 1525 a 1526, con siete barcos que partieron de España, en la que también viajaba Elcano como capitán de uno de los buques. También lo haría Roldán de Argote y Hernando de Bustamante, supervivientes junto con Elcano de la primera circunnavegación; Rodrigo de Triana, el primer europeo en avistar tierras americanas; y Andrés de Urdaneta, que eventualmente hallaría la ruta del tornaviaje a América. La organizó Carlos I debido al fracaso de las conversaciones con los portugueses, antes del acuerdo de Zaragoza, y tenía como objetivo la conquista de las Molucas, para terminar con el monopolio de aquellos y de los italianos en el tráfico del clavo, la nuez moscada, la canela y la pimienta. Cuatro buques llegaron a entrar en el Pacífico, pero dispersados por una tormenta, seguirían diferentes derroteros. La Santiago recorrió 10 000 km hacia el norte y sería la primera en llegar a la costa oeste de México; la San Lesmes se perdería definitivamente, pero en 1772 la fragata Magdalena encontrará una gran cruz en Tahití y en 1929 se hallarán cañones españoles en las Tuamoru, por lo que se especula que pudieran haber llegado allí e incluso hasta Nueva Zelanda. La Santa María del Parral alcanzó la

isla Célebes, en donde la tripulación se amotinó, asesinando al capitán Jorge Manrique de Nájera, a su hermano y al tesorero. Después de ser masacrados por los nativos y hechos prisioneros, serán recogidos en 1528 por la expedición de Álvaro de Saavedra, quien ejecutará a los cabecillas. La nave capitana, la Santa María de la Victoria, alcanzó la isla de Guam, en las Marianas, después de perder a 30 miembros de la tripulación por el escorbuto, entre ellos Loaysa, Elcano, el piloto Rodrigo Bermejo y el contador Alonso de Tejada. Finalmente llegarían a las Molucas, para entrar en guerra con los portugueses y terminar por ser hechos cautivos. Se enteraron entonces de la firma del tratado de Zaragoza y de la inutilidad de toda la expedición. Los escasos supervivientes, entre los que se encontraba Urdaneta, regresarían a la península en 1536.

Unos años antes, durante 1527 y 1529, surcaron las aguas del Pacífico los tres buques de Álvaro Saavedra Cerón, en un viaje iniciado en Nueva España por orden de Hernán Cortés, primo de aquel. Su doble objetivo era la exploración de los Mares del Sur y encontrar a la flota de Loaysa. Después de la disgregación de la pequeña flota, solo quedó la nave capitana de La Florida, que llegaría a las Molucas, Filipinas y a Nueva Guinea, y en el intento de retorno tocan las Carolinas, descubren las islas del Almirantazgo, en el archipiélago de las Bismark, y las islas Marshall. Es posible que incluso descubrieran las islas Hawaii, de corresponder su visita a una leyenda hawaiana que narra cómo extranjeros blancos fueron recibidos por el jefe Wakalana. Al cuarto intento de tornaviaje hacia Nueva España, el buque naufragará y Saavedra perdería la vida. Entre los supervivientes se encontraba Iñigo Ortiz de Retes[4], que más tarde viajará con Ruy López de Villalobos.

Hernán Cortés envió nuevamente una expedición en 1537, esta vez al mando de Hernando de Grijalva, con destino el Perú, pero también para explorar el Pacífico ecuatorial. Grijalva sería asesinado por su tripulación, que buscaría refugio hacia el Oeste, y terminarían por perder el barco en Nueva Guinea, en donde los pocos supervivientes fueron acogidos por los portugueses.

■ FIGURA 37. LAS INDIAS ORIENTALES EN 1622, CON EL ANTIMERIDIANO Y LAS FILIPINAS, ERRÓNEAMENTE DENTRO DEL ÁREA HISPANA. PLANO CONTENIDO EN «NOVUS ORBIS SIVE DESCRIPTIO INDIAE OCCIDENTALIS», DE ANTONIO DE HERRERA Y TORDESILLAS, EDITADO EN 1622. A LA IZQUIERDA APARECE LA LÍNEA DE DEMARCACIÓN DEL ANTIMERIDIANO, SEGÚN EN TRATADO DE ZARAGOZA DE 1529 ENTRE PORTUGAL Y ESPAÑA. LA POSICIÓN ES NOTABLEMENTE INEXACTA. CON PERMISO DEL REAL INSTITUTO Y OBSERVATORIO DE LA ARMADA (SIGNATURA 05414).

Nuevamente desde Nueva España partió una expedición en 1542, esta vez al mando de Ruy López de Villalobos, con seis buques. Villalobos fallecería dos años después en las Molucas, prisionero de los portugueses, pero antes descubriría varias islas en los archipiélagos de Revillagigedo, las Marshall y las Carolinas, y recalaría en las Filipinas, a las que bautizó con este nombre en honor de Felipe II, entonces príncipe heredero. Es posible que también avistasen las islas Hawaii, ya que Juan Gaetano o Gaytán describió unas islas como carentes de interés, y existen cartas marinas con la latitud de este archipiélago, que se encuentra en mitad del Pacífico Norte, aunque a unos diez grados al este de la posición real, aunque este valor necesariamente solo puede ser muy aproximado, al carecer de métodos adecuados para determinar la posición. De ser así, las «Islas de la Mesa», como las denominó Gaetano por el nombre que dio a la mayor, incluirían a Maui como «La Desgraciada» y el grupo de «Los Monjes» correspondería a Kahoolawe, Lanai, y Molokai. Parte de la tripulación será repatriada por los lusitanos, pero después de dos intentos de tornaviaje: por parte de Bernardo de la Torre en 1543, que terminaría descubriendo varios islotes japoneses, incluyendo la isla de Iwo Jima, y sería el

4. También escrito como Yñigo Ortiz de Retez

primero en cicunnavegar la isla de Mindanao; y el de Íñigo Ortiz de Retes, que exploraría la costa norte de Nueva Guinea, a la que daría nombre.

La expedición de Miguel López de Legazpi marcó el comienzo la verdadera conquista de las Filipinas. Felipe II mandó enviarla para continuar la exploración y recoger a los supervivientes del viaje de Villalobos. Partieron cinco naves en 1564 y pasaron por las Revillagigedo, las Marshall, las Carolinas y las Palaos, y se produjeron los primeros asentamientos en las Filipinas, incluyendo la fundación de Manila en 1571, sobre todo a raíz de los refuerzos que llegarían desde Nueva España: un primer buque en 1565 y más de dos mil personas al año siguiente, cuando ya era sabido que el regreso era posible. Y es que en el año 1565 tanto Andrés de Urdaneta como Alonso de Orellana en sendos buques, este último sin permiso, y de manera independiente, habían sido capaces de encontrar las corrientes y vientos que les condujeron de regreso a las costas mexicanas. Se inició con ello la ruta del galeón de Manila, que funcionará, conectando ambos lados del descomunal océano Pacífico, durante 250 años.

■ FIGURA 38. INSTRUCCIONES SOBRE CÓMO MANEJAR UN ASTROLABIO, EN 1556. PERMITE MEDIR LA ALTURA DE UNA ESTRELLA SOBRE EL HORIZONTE Y POR LO TANTO ESTIMAR LA LATITUD. LA EXPLICACIÓN PROCEDE DE «BREVE COMPENDIO DE LA SPHERA», DE MARTÍN CORTÉS DE ALBACAR. CON PERMISO DEL MUSEO DE LA ARMADA (SIGNATURA CF 108, LXVII).

Las islas Salomón, las Gilbert, Wake y Ellice (Tuvalu) fueron descubiertas durante el primer viaje de Álvaro de Mendaña, que acaeció entre 1567 y 1569. Mucho tiempo después, encontraría la muerte en la isla de Santa Cruz, al sur de las Salomón, pero después de haber descubierto las islas Marquesas. Su mujer, que tomó el mando, marcharía a las Filipinas, mientras que Pedro Fernández de Quirón o Fernandes de Queirós, al mando del otro barco restante, terminó recalando en Nueva España después de pasar por Guam.

Nueva Zelanda posiblemente fuera descubierta por Juan Jufré, primer alcalde de Santiago de Chile, y Juan Fernández, durante una misión a la Polinesia desde 1576 hasta 1577 o 1578, partiendo de El Callao, y es incluso posible que alcanzasen la costa este de Australia. Juan Fernández descubriría más tarde, en 1583, una vía rápida entre los virreinatos de Nueva España y Perú, con solo 30 días de navegación, alejándose de la costa y evitando la corriente de Humbolt, que recorre paralela la costa de sur a norte.

Con posterioridad a la unión de las coronas portuguesa y española en la cabeza de Felipe II en 1580, el mítico estrecho de Anián, el paso entre Asia y América que permitiría el acceso al Atlántico por el norte, en el que los británicos sepultarían innumerables recursos y vidas en el siglo XIX, sería buscado por Francisco Gali, entre los años 1582 y 1585. Llegó hasta Japón y exploró islas de la Polinesia y la bahía de California. Regresaría a Manila para reintentar la búsqueda, pero fallecería al año siguiente en esa ciudad. Pedro de Unamuno, en 1587, prosiguió las exploraciones de Gali.

El horizonte del Pacífico se abrió aun más con el viaje de Gabriel de Castilla, que en 1603 alcanzó los 64 grados de latitud sur y posiblemente divisara las costas de la Antártida, bien las islas Melchior o las Shetland del Sur, que él denominó «Islas de la Buena Nueva». Si el avistamiento de Castilla es controvertido, el de Dirck Gerritszoon Pomp, cuatro años antes, apenas tiene trazas de verosimilitud.

■ FIGURA 39. EL MAR DEL SUR SEGÚN JOHANNES JANSSONIUS, 1682. PUBLICADO EN «HET VIJFDE DEEL DEO GROOTEN ATLAS VERBATENDE DE WATER-WEERELD». CALIFORNIA TODAVÍA APARECE COMO UNA ISLA Y FIGURA EL MÍTICO ESTRECHO DE ANIÁN, EL PASO DEL NOROESTE HACIA EN ATLÁNTICO. GRAN PARTE DE LAS ISLAS DEL PACÍFICO FIGURAN CON NOMBRES ESPAÑOLES, MUCHAS DE POSICIÓN INCIERTA O SENCILLAMENTE SUPUESTA. CON PERMISO DEL MUSEO NAVAL (SIGNATURA: A-10192-V.5).

El primer ciclo de descubrimientos hispanos se cerró con la expedición de Pedro Fernández de Quirós, que partió de El Callao y navegó a la búsqueda de las tierras australes desde diciembre de 1605 hasta noviembre de 1606. Además de realizar descubrimientos, como es el caso de las Nuevas Hébridas, o redescubrir múltiples islas, creyó haber encontrado el gran continente austral, al que bautizó como Austrialia del Espíritu Santo, en un juego de palabras que halagaba a la dinastía reinante en Portugal y España. La flota se dividiría, regresando Quirós a Acapulco. Su segundo, Luís Váez de Torres, tras buscar infructuosamente a Quirós, se percataría que Espíritu Santo es en realidad una isla. En el viaje de regreso, bordeó Nueva Guinea por su costa sur, probando que no era parte del supuesto continente austral y dando nombre al estrecho que aun lleva su nombre. Sin embargo, es posible que él sí avistara la costa australiana: dependiendo de la ruta específica que siguiera, debería haber avistado el cabo de York. Quirós, de regreso a Europa, enviará numerosos memoriales a Felipe III. El más famoso es el número 8, que traducido a varias lenguas y distribuido ampliamente por el continente, contribuiría notablemente a reafirmar la existencia de ese supuesto inmenso continente que debería equilibrar la masa terrestre presente en el hemisferio septentrional. Una vez más, mito y realidad se solapan, y actuarían de incentivos para nuevas búsquedas.

REYS-GHESCHRIFT
Vande Navigatien der Portugaloysers in Orienten
Door IAN HUYGHEN van LINSCHOTEN
t'AMSTELREDAM

■ FIGURA 40. LAS RUTAS PORTUGUESAS QUEDARON AL DESCUBIERTO EN 1595. PORTADA DE «REYS-GHESCHRIFT VAN DE NAVIGATIEN DER PORTUGALOYSERS IN ORIENTEN», DESCRIPCIÓN DE LAS RUTAS PORTUGUESAS A ORIENTE. ANTES DE 1610 HABRÍA VERSIONES EN INGLÉS, ALEMÁN, LATÍN Y FRANCÉS. JUNTO CON EL DE «ITINERARIO...», LAS PUBLICACIONES DE JAN HUYGENS VAN LINSCHOTEN PROPORCIONARON LA LLAVE PARA QUE HOLANDESES E INGLESES PUDIERAN TENER ACCESO AL ÍNDICO Y EL PACÍFICO. CORTESÍA DE BAYERISCHE STAATSBIBLITHEK (HBKS/F 117#BEIBD.2).

El verdadero continente y su masa principal, Australia, pudo haberse avistado en varias ocasiones: en 1521 por Cristóbal de Mendoça y cuatro años más tarde 1525 por Gomes de Sequeira, ambos al mando de expediciones portuguesas. Bastante más probable parece el viaje de Godinho de Heredia, que pudiera haber tocado el cabo Van Diemen en 1601.

INTRUSOS EN EL PARAÍSO: LA COMPETENCIA HOLANDESA E INGLESA

El acceso al Pacífico por el Noroeste y la historia de Gali están ligadas a la de Jan Huygens van Linschoten, un holandés infiltrado en Goa. Traidor para unos, héroe para otros, publicó en 1595 y 1596 los derroteros portugueses a las Indias Orientales cuando regresó a Europa. Su relato incluye también el manuscrito original de Gali. Durante su estancia en la

ciudad india bajo dominio portugués, van Linschoten entró al servicio del arzobispo y con la ayuda de su compatriota Dirck Gerritszoon Pomp, también bajo bandera portuguesa y quien también le proporcionaría valiosa información de la ruta a China y Japón, se haría con las instrucciones secretas de la navegación a Oriente. Así, la primera flota holandesa partió inmediatamente después de la publicación de los textos de van Linschoten y hasta 1610 seguirían la vía lusitana. Eventualmente, esta incipiente y pujante república suplantará a los portugueses en el Índico y el Pacífico Oriental. Con razón, Felipe II era consciente de la importancia de mantener en secreto las líneas de comunicación. De hecho, el informe de López de Velasco «Geografía y descripción universal de las Indias», pedido por el Consejo de Indias, nunca se imprimió, y las ocho copias fueron secuestradas por orden del rey, que dejó una nota de su puño y letra con tal fin. De poco servirá esta precaución, porque pocos años después barcos bajo otros pabellones surcarían las aguas del Índico y sobre todo del «lago español». La unión ibérica se romperá en 1640.

Así, los holandeses se abrieron su propio espacio en el Índico en competencia con los portugueses y a veces contra los españoles (como fue el caso de Fermosa o Taiwan), tras haber obtenido, como ya se ha descrito, las cartas y los secretos de navegación ibéricos.

■ FIGURA 41. MAPA DEL SURESTE ASIÁTICO, 1598. TOMADA DE LA VERSIÓN INGLESA DE «ITINERARIO, VOYAGE OFTE SCHIPVAERT VAN JAN HUYGEN VAN LINSCHOTEN NAER OOST OFTE PORTUGAELS INDIEN», DE LINSCHOTEN, CUYO ORIGINAL APARECIÓ DOS AÑOS ANTES. EL NORTE ESTÁ A LA IZQUIERDA Y COREA APARECE COMO UNA ISLA. CORTESÍA DE LA LIBRERÍA DEL CONGRESO DE EEUU (DS411.1.L735).

Willem Janszoon o Jansz arribó a la costa norte de Australia de manera confirmada en 1606, y sin conocer la existencia del estrecho de Torres, pensó que era una prolongación de Nueva Guinea. Cuatro años más tarde Hendrick Brouwer encontró la nueva ruta directa a Java desde la punta austral de África, que acortaba de manera considerable el tiempo de navegación, al ser el camino más corto. Entre 1616 y 1642 se realizaron las exploraciones de Dirk Hartoog, Frederick de Houtman, Francois Thijssen, Willen de Vlaming, Pieter Nuyts y Abel Tasman, lo que permitió un cartografiado casi completo de la costa desde la península de York al norte hasta la isla de Tasmania y la costa oeste de Nueva Zelanda. Así, Australia será conocida en los mapas como Nueva Holanda hasta el siglo XIX.

Sin embargo, otros agentes, no del todo nuevos, terminarían entrando en escena. En el caso del Reino Unido, llegará a ser la potencia hegemónica en el siglo XIX y el gran ganador del proceso de colonización. Un primer ejemplo es el del corsario Francis Drake, quien circunnavegó el globo entre 1567 y 1573, hostigando al comercio español y obteniendo un cuantioso botín. Un claro exponente de que el Pacífico no era propiedad exclusiva de los españoles, quienes no solo se tenían que enfrentar a los poderes locales y a los elementos.

Durante el siglo XVII se produce un hiato en la exploración, pero el galeón de Manila siguió haciendo su viaje anual, a pesar del peligro, durante 250 años. De hecho, la tasa de éxito del viaje entre 1580 y 1630 fue inferior al 50%. Es más que probable que durante ese tiempo se produjeran numerosos avistamientos de diversas islas y que se recalase en varias, a veces conducidos por vientos contrarios. Pero hasta la fecha no se ha encontrado ningún resto español en el archipiélago de Hawaii, que queda moderadamente cerca de la ruta, en mitad del océano.

Cierto es que las expediciones exploratorias del siglo XVI pagaron también un altísimo precio. Muchos fueron los jefes que perecieron en ellas, de los marineros no hay casi censos: Magallanes, y la mayor parte de su tripulación; Loaísa y Elcano por escorbuto; Her-

nando de Grijalva y la mayor parte de sus marineros; Álvaro de Saavedra Cerón cerca de Hawaii; Mendaña en la isla de Santa Cruz... Y es que navegaban por un océano desconocido, un espacio amplísimo, con travesías de muchas semanas sin tocar tierra, sin saber exactamente dónde estaban, y siempre expuestos a motines y deserciones. Los instrumentos de navegación eran realmente primitivos, que no permitían conocer la longitud salvo por estimaciones groseras y con una medida imprecisa de la latitud.

Mucho más tarde, los británicos regresarían al Pacífico con James Cook y sus tres viajes: 1768-1771, 1772-1775 y 1776-1779, cuando encontró la muerte en un enfrentamiento con los nativos de Hawai. El primer viaje tuvo como misión la realización de observaciones de un tránsito de Venus con objeto de determinar la distancia entre nuestro planeta y el Sol, y deducir el tamaño del Sistema Solar. Su encuentro con Australia se produjo al regresar desde Nueva Zelanda, buscando *Terra Australis Incognita*.

No serían los únicos europeos. Los franceses tuvieron su propia epopeya circunterrestre con Jean François Galaup, conde de La Pérous, en un viaje comenzado en 1785 y que terminaría trágicamente 1788, con los dos navíos y toda la tripulación perdida.

A partir de l770 se desencadenó una reignición de la actividad exploratoria española, con unas obsesiones específicas: el cartografiado de la costa de Norteamérica, en pugna con rusos y británicos, y la búsqueda del codiciado Paso del Noroeste. El primer uso por un marino español del novísimo método de las distancias lunares, que finalmente proporcionaba longitudes muy precisas, se realizó en la fragata Venus, comandada por Juan de Lángara, en 1773. Para entonces, las ambigüedades en la navegación habían desaparecido. Tal vez demasiado tarde para el dominio español en el océano Pacífico.

La más conocida de las expediciones de los reinados de Carlos III y Carlos IV es la de Alejandro Malaspina, que junto con José de Bustamante, recorrió América y el Pacífico durante cinco años a partir de 1789, alcanzando desde Alaska hasta Australia y Nueva Zelanda. Malaspina, un reformador ilustrado, terminó en una cárcel española al inmiscuirse en una conspiración contra Manuel Godoy, primer ministro de Carlos IV. La inmensa mayoría del tesoro científico que la expedición acumuló no se publicaría hasta mucho más tarde. Un triste colofón para trescientos años de navegación en los Mares de Sur.

No tan obvio: la Tierra rota y revuelve o el heliocentrismo desde Aristarco hasta Copérnico

Comencemos por el final del relato.

LA REVOLUCIÓN COPERNICANA

Nicolás Copérnico publica su *opus magnus*, «*De revolutionibus orbium coelestium*», en 1543, poco tiempo antes de fallecer. Tal vez llegase a ver un ejemplar de la primera edición. De ser así, probablemente lamentase cómo se consumó el proceso, ya que Andreas Osiander, un teólogo luterano experto en textos matemáticos a quien se encargó la supervisión de la impresión del mismo en Nuremberg, cambió ligeramente el título inicial *motu proprio*. No solo eso, su temeridad llegó hasta el extremo de insertar un aviso al lector afirmando que el resultado del trabajo no era la búsqueda de la verdad, sino un artificio matemático para calcular las posiciones de los planetas de manera más sencilla. ¿Qué razones se ocultaban detrás de este proceder tan inaceptable?

ratione salua manente, nemo enim convenientiorem allegabit
quam ut magnitudine orbium multitudo temporis metiatur, ordo sphae-
rarum sequitur in hunc modum: a summo capientes initium.
Prima et suprema omnium est stellarum fixarum sphaera seipsam et omnia continens ideoque immobilis nempe universi locus ad quem motus et positio ceterorum omnium syderum conferatur. Nam quod aliquo modo illam etiam mutari existimant aliqui: nos aliam, cur ita appareat
in deductione motus terrestris assignabimus causam. Sequitur
errantium primus Saturnus: qui XXX anno suum complet circu-
itum. Post hunc Iupiter duodecennali revolutione mobilis. Deinde
Mars qui biennio circuit. Quartum in ordine annua revolu-
tio locum obtinet: in quo terram cum orbe lunari tamquam epicyclio
contineri diximus. Quinto loco Venus nono mense reducitur
1 Stellarum fixarum sphaera immobilis
2 Saturnus XXX anno revolutio
3 Iovis XII annorum revolutio
4 Martis bima revolutio
5 Telluris cum Luna an. re.
6 Veneris nonimestris
7 Merc. XXC dierum
Sol

←■ FIGURA 42. LA COSMOLOGÍA HELIOCÉNTRICA DE COPÉRNICO EN EL MANUSCRITO ORIGINAL DE «DE REVOLUTIONIBUS». PÁGINA CORRESPONDIENTE AL PRIMER ORIGINAL DEL TEXTO PUBLICADO EN 1543 Y QUE INCLUYE UN DIAGRAMA QUE MUESTRA EL SISTEMA SOLAR CON LA TIERRA ORBITANDO ALREDEDOR DEL SOL, AL IGUAL QUE EL RESTO DE LOS PLANETAS. BIBLIOTEKA JAGIELLONSKA, CON PERMISO (MS. BJ 10000, F. 9V).

«*De revolutionibus*» fundó la cosmología moderna, negando la centralidad de la Tierra, expandió el tamaño del Universo y situó al Sol muy cerca del centro de aquel, conceptos que se oponían al saber de los sabios y a la experiencia más directa del hombre común, pero sobre todo a la doctrina eclesiástica de los doctores de la Iglesia. Era pues un salto en el vacío, que requirió un gran esfuerzo intelectual para su concepción por parte de Copérnico. Un riesgo para su carrera académica, pero también personal, como otros, entre los que se encuentran Giordano Bruno y Galileo Galilei, sufrirían décadas después.

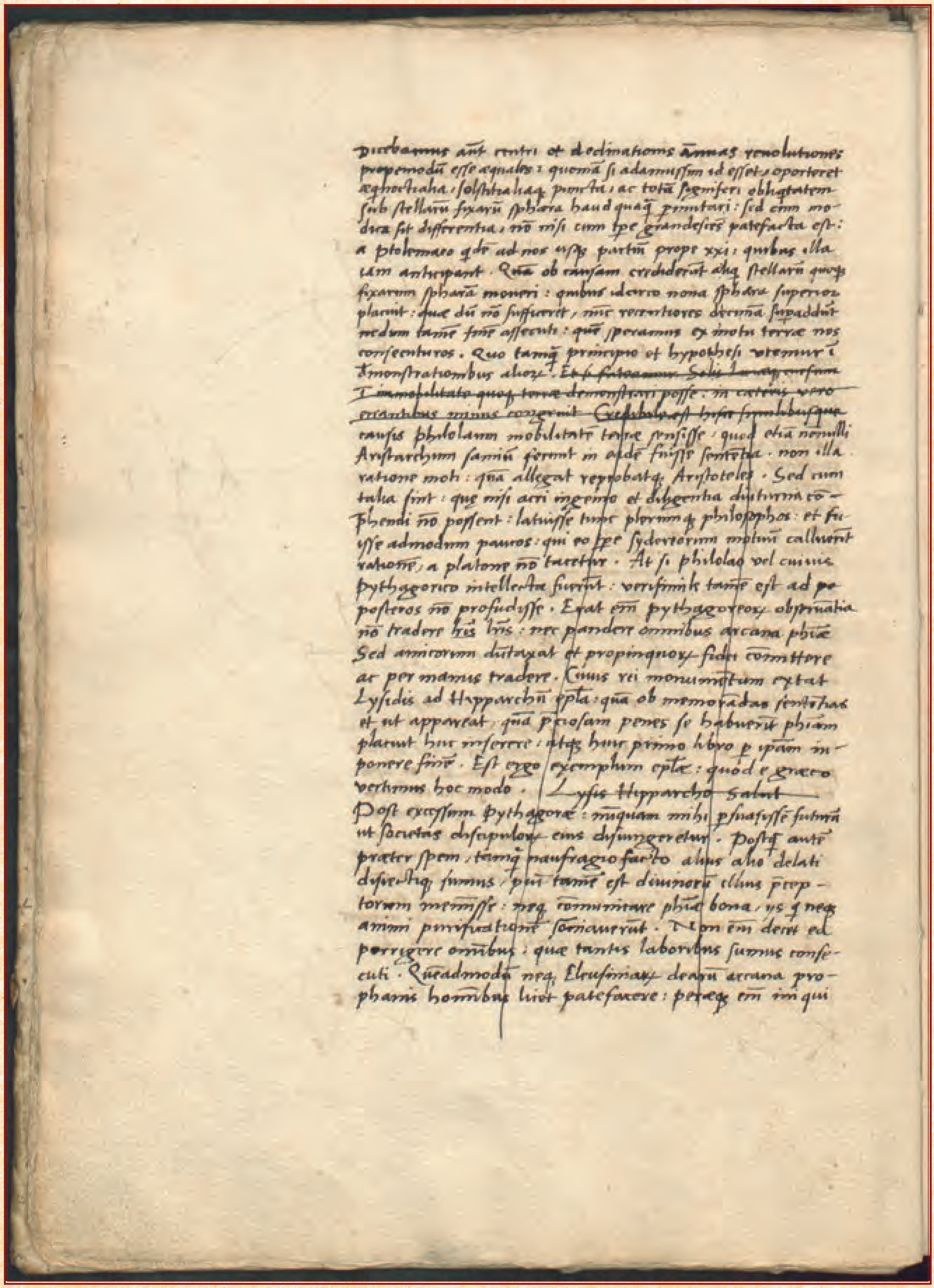
Copérnico, que estudió varios años en Bolonia y en otras ciudades del norte y del centro de la península italiana, regresó definitivamente a su Polonia natal en 1503, a Warmia/Ermland, en donde permaneció el resto de su vida. Allí disfrutó de la posición de canon de la catedral de la ciudad de Frombork y también actuó como secretario personal de su tío, el obispo de Warmia. Fallecido su tío en 1512, rechazaría la posibilidad de ordenarse sacerdote pese a las presiones, incluida la posible pérdida del beneficio como canon de la catedral.

Alrededor de 1514 distribuyó copias entre su círculo más próximo de un manuscrito titulado «*Commentariolus*» (pequeño comentario), en donde expuso un «programa de investigación» heliocéntrico, basado en siete axiomas, entre los que destaca que el movimiento aparente de las estrellas era debido a la rotación de la Tierra y que el ciclo anual del Sol se debe a que es nuestro planeta el que gira alrededor de aquel. Este texto, que solo se llegó a imprimir en 1878 y que carecía de aparato matemático, debió tener una notable influencia, porque incluso Tycho Brahe incluiría un fragmento del mismo en su «*Astronomiae instauratae progymnasmata*» de 1602.

■ FIGURA 43. DIAGRAMA DE NICHOLAS DE FER, PUBLICADO EN 1699, CON LAS COSMOLOGÍAS DE PTOLOMEO, COPÉRNICO Y BRAHE. CORTESÍA DE LA LIBRERÍA DEL CONGRESO DE EEUU.

La primera respuesta desde la religión vendría del protestantismo. Tres años después de la distribución del «*Commentariolus*», Martín Lutero clavó en la puerta de la iglesia del palacio de Wittenberg sus 95 tesis contra las indulgencias, iniciando la reforma del cristianismo y un periodo de guerras religiosas. Lutero reaccionaría muy negativamente a la interpretación heliocéntrica de Copérnico, basándose en las escrituras y denigrándolo, aunque sin nombrarlo, en un comentario formulado en 1539. En cualquier caso, la reforma protestante y el subsecuente proceso de contrarreforma favorecerían la aparición de cierta fractura cultural en Europa.

El matemático y cartógrafo Georg Joachim Rheticus fue estudiante de Copernico durante los dos últimos años de su vida. Probablemente jugó un papel preponderante en la publicación de «*De revolutionibus*», dado que en 1540 Rheticus publicó «*Narratio prima de libris revolutionum Copernici*», anunciando el libro de Copernico, que se finalizó poco antes. Probablemente, la recepción del mismo junto con, tal vez, la respuesta positiva del papa


Dicebamus autem centri et declinationis annuas revolutiones
propemodum esse aequales: quoniam si ad amussim id esset, oporteret
aequinoctialia, solstitialiaque puncta, ac totam signiferi obliquitatem
sub stellarum fixarum sphaera haudquaquam permutari: sed cum mo-
dica sit differentia, non nisi cum tempore grandescens patefacta est:
a ptolemaeo quidem ad nos usque partium prope xxi: quibus illa
illum anticipant. Qua ob causam crediderunt aliqui stellarum quoque
fixarum sphaeram moveri: quibus ideo nona sphaera superior
placuit: quae dum non sufficeret, nunc recentiores decimam superaddunt
nedum tamen finem assecuti: quem speramus ex motu terrae nos
consecuturos. Quo tamquam principio et hypothesi utemur in
demonstrationibus aliorum. Et si fatemur Solis Lunaeque cursum
in immobilitate quoque terrae demonstrari posse, in caeteris vero
errantibus minus congruit. Credibile est hisce similibusque
causis philolaum mobilitatem terrae sensisse: quod etiam nonnulli
Aristarchum samium ferunt in eadem fuisse sententia. non illa
ratione moti: qua allegat reprobatque Aristoteles. Sed cum
talia sint: quae nisi acri ingenio et diligentia diuturna com-
prehendi non possent: latuisse tunc plerosque philosophos: et fu-
isse admodum paucos: qui eo tempore sydereorum motuum callerent
rationem, a platone non tacetur. At si philolao vel cuivis
pythagorico intellecta fuerint: verisimile tamen est ad po-
steros non profudisse. Erat enim pythagoreorum observantia
non tradere literis literis: nec pandere omnibus arcana philosophiae
Sed amicorum duntaxat et propinquorum fidei committere
ac per manus tradere. Cuius rei monumentum extat
Lysidis ad Hipparchum epistola: quam ob memorandas sententias
et ut appareat quam pretiosam penes se habuerint philosophiam
placuit hic inserere: atque hunc primo libro per ipsam im-
ponere finem. Est ergo exemplum epistolae: quod e graeco
vertimus hoc modo. Lysis Hipparcho salutem
Post excessum pythagorae: nunquam mihi persuasissem futurum
ut societas discipulorum eius disiungeretur. Postquam autem
praeter spem, tamquam naufragio facto alius alio delati
dispersique sumus, pium tamen est diminoris illius prae-
ceptorum meminisse: neque communicare philosophiae bona, iis qui neque
animi purificationem somniaverunt. Non enim decet ea
porrigere omnibus: quae tantis laboribus sumus conse-
cuti. Quemadmodum neque Eleusiniarum dearum arcana pro-
phanis hominibus licet patefacere: peraeque enim ini qui

←■ FIGURA 44. PÁGINA MANUSCRITA POR COPÉRNICO, CORRESPONDIENTE AL PRIMER ORIGINAL DE «DE REVOLUTIONIBUS», CON CORRECCIONES Y EN DONDE SE CITA A ARISTARCO DE SAMOS AL INICIO DE LA LÍNEA DECIMO SEXTA. BIBLIOTEKA JAGIELLONSKA, CON PERMISO (MS. BJ 10000, F. 11 V).

Clemente VII a las explicaciones de su secretario Johann Widmanstetter sobre la teoría heliocéntrica en 1533, favorecieron que Copérnico se decidiera finalmente a publicar la obra. Así, le entregó el manuscrito corregido, en su versión final, a Rheticus, quien lo llevaría a Nuremberg para su impresión. Sería Rheticus quien, con quizás un criterio equivocado, confiaría la supervisión del proceso a Osiander.

Y es que en abril de 1541 Osiander escribió a Copérnico y a Rheticus sugiriendo que tal vez fuera mejor presentar los movimientos de traslación y rotación la Tierra como una hipótesis y no como un hecho comprobado, con objeto de acallar a los ortodoxos, tanto desde el punto de vista teológico como académico. Después de todo, Osiander pudo pensar tanto en el futuro de la teoría heliocéntrica como en el bienestar de su formulador, Copérnico. Pero este fallecería, como se ha dicho, nada más salir el texto de la imprenta y sin tener que enfrentarse a ningún tipo de oposición.

Copérnico menciona en «*De revolutionibus*» los antecedentes heliocéntricos de varios autores grecolatinos. Durante bastantes centenares de años había dominado una cosmología geocéntrica, sobre todo a partir del desarrollo de Claudio Ptolomeo y su Almagesto, del siglo II de nuestra era, ampliamente difundido en Occidente y en el área de cultura musulmana. Pero con anterioridad Filolao, un pitagórico que vivió a caballo entre los siglos V y IV antes de nuestra era (fallece en el -385) afirmó que todo, incluyendo la Tierra, gira en torno a un fuego central, pero esta era una interpretación más filosófica que científica. Heráclides Póntico, filósofo y astrónomo y discípulo de Platón, que vivió varias décadas después, fue probablemente el primero que verdaderamente formulase que la Tierra gira sobre su eje. Hicetas de Siracusa y Ecphantus, también pitagóricos, compartieron sus ideas, aunque no es seguro que fueran personajes reales, tal vez solo fueran caracteres de un escrito de Heráclides. Lo que sí es cierto es que Aristarco de Samos, en el siglo III antes de nuestra era, abrazó este concepto, pero fue mucho más allá. Identificó el fuego central con el Sol, al que coloca en el centro del Universo, y postuló, como Anaxágoras dos siglos antes, que las estrellas son objetos similares al Sol. Pero estas revolucionarias ideas de Aristarco no están recogidas en la versión impresa de «*De revolutionibus*». Ni siquiera en el manuscrito que recibieron Rheticus y Osiander. Curiosamente, es el mismo Copérnico quien eliminó la referencia del heliocentrismo de Aristarco, tal vez en un ejercicio de prudente autocensura e influido por la carta de Osiander.

La versión impresa de «*De revolutionibus*» incluye cuatro referencias a Aristarco, tres de ellas erróneas. Sin embargo, el manuscrito autógrafo de Copérnico que se conserva en la biblioteca de la universidad Jaguelónica de Cracovia, no la copia usada para la versión impresa, contiene seis referencias a Aristarco. Una, de gran interés, fue tachada, y dice:

«Filolao creía en la movilidad de la Tierra y algunos creen que Aristarco era de la misma opinión.»

En la versión final se puede leer:

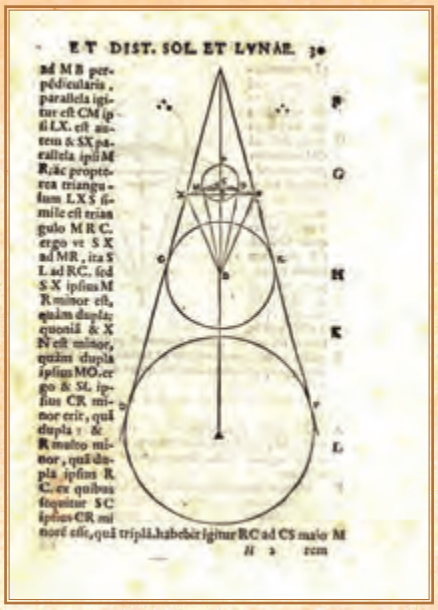
«Algunos creen que la Tierra está inmóvil. Pero Filolao el pitagórico cree que, como el Sol y la Luna, orbita alrededor del Fuego en un círculo excéntrico. Heráclides Póntico y Ecphantus el pitagórico piensan que la Tierra se mueve, pero no de una forma progresiva, sino como una rueda en rotación desde el Oeste hacia el Este alrededor de su propio centro.»

Una curiosa corrección, sin lugar a dudas. Pero, ¿quién era Aristarco?

EL HELIOCENTRISMO DE ARISTARCO DE SAMOS

Aristarco de Samos fue estudiante de Estratón de Lámpsaco, quien dirigió primero el Liceo de Atenas, fundado por Aristóteles, y luego el de Alejandría, en el que estudiaría nuestro personaje. Toda la información que disponemos sobre él procede de fuentes dispersas de distintos autores. Sobre todo Arquímedes y Plutarco, quienes nos hablan de su heliocen-

trismo. De él solo ha quedado un tratado que versa sobre la determinación del tamaño del Sol y la Luna y sus distancias a la Tierra, descritos en «*De magnitudinibus, et distantiis Solis, et Lunae*», realizado con un correcto método, aunque los resultados está muy alejados de la realidad, dado que sus instrumentos de medida eran realmente primitivos. Aristarco inventó el reloj solar semiesférico, que en realidad es un instrumento astronómico que sirve para determinar su altura sobre el horizonte.



La cosmología heliocéntrica de Aristarco no sería aceptada. Se piensa que Hiparco de Nicea, en el siglo II antes de nuestra era, realizó cálculos con el sistema heliocéntrico, pero lo abandonaría al darse cuenta de que sus resultados mostraban que las órbitas no eran circulares. Este descubrimiento hubiera añadido lustre adicional a su gran colección de resultados, pero prefirió perfeccionar la teoría de los epiciclos, el doble movimiento circular, para explicar las observaciones. Seleuco de Seleucia, en ese mismo periodo, fue un adalid del heliocentrismo y llegó a desarrollar un modelo matemático para calcular los movimientos de los planetas, mucho antes que Copérnico. También fue el primero que postuló que el origen de las mareas estaba en la Luna, verdad que no alcanzaría a reconocer Galileo Galilei, y que el Universo era infinito. Como tantos otros autores, no nos ha llegado ningún trabajo suyo y solo conocemos sus resultados por referencias.

■ FIGURA 45. «DE MAGNITUDINIBUS, ET DISTANTIIS SOLIS, ET LUNAE» DE ARISTARCO DE SAMOS, QUE VIVIÓ EN EL SIGLO III ANTES DE LA ERA COMÚN, EN UNA VERSIÓN IMPRESA EN 1572. A LA IZQUIERDA SE MUESTRA EL SISTEMA UTILIZADO POR ESTE AUTOR HELENO PARA ESTIMAR ESTOS PARÁMETROS DEL SOL Y LA LUNA. CON PERMISO DE REAL INSTITUTO Y OBSERVATORIO DE LA ARMADA (SIGNATURA 02372, 30R). A LA DERECHA, EL MANUSCRITO DEL SIGLO X CON LA VERSIÓN MÁS ANTIGUA CONSERVADA DEL TRATADO DE ARISTARCO, PROCEDENTE DE LA BIBLIOTECA VATICANA (VAT. GR. 204, FOL. 116R). CORTESÍA DE LA BIBLIOTECA DEL CONGRESO DE EEUU, EXHIBICIÓN VATICANA.

Sí, rota sobre si misma y gira alrededor del Sol, como algunos postularon hace 2300 años. Pero al final, será la interpretación tolemaica, con una Tierra estática, la que perduraría y «*De revolutionibus*» permanecerá formalmente en el índice de los libros prohibidos por la Inquisición hasta el año 1835.

Tycho Brahe: estrellas y hombres nuevos

Si Nicolás Copérnico a mitad del siglo XVI puso las bases teóricas de la revolución que lleva su nombre, fue Tycho Brahe quien proporcionó las observaciones que demostrarían que las viejas concepciones del Universo eran obsoletas. Tycho, al igual que la estrella invitada que describió en la constelación de Casiopea, avistada el 11 de noviembre de 1572, fue verdaderamente un hombre nuevo.

Tycho Brahe, nombre latinizado de Tyge Ottesen Brahe, nació en Knutstorp, al sur de la península escandinava (en Escania), en ese momento bajo jurisdicción danesa, el 14 de diciembre de 1546. Se educó con su tío Jorgen Brahe, próximo al círculo de la realeza de aquel país. De hecho, el rey Federico II de Dinamarca y Noruega

financiaría la construcción de un moderno observatorio astronómico en la isla de Hven, denominado Uraniborg: el castillo de Urania, musa de la Astronomía. Desde allí Tycho Brahe realizó observaciones que cambiarían la forma de hacer astronomía y de entender nuestro Universo.

■ FIGURA 46. DESCRIPCIÓN DE 1532 DE UN CUADRANTE MURAL. PROCEDE DE «QUADRANS APIANI ASTRONOMICUS ET IAM RECENS INVENTUS ET NUNC PRIMUM EDITUS...», DE PEDRO APIANO. CON PERMISO DEL REAL INSTITUTO Y OBSERVATORIO DE LA ARMADA (SIGNATURA 02688, GR).

Tycho Brahe ha sido, probablemente, uno de los grandes observadores de todos los tiempos. La minuciosidad de su trabajo, la calidad de los instrumentos que diseñó y construyó, la actualidad de su método y las consecuencias del mismo, le colocan en el Olimpo de los científicos y pensadores. Entre otras cuestiones clave, sin sus observaciones Johannes Kepler no hubiera podido enunciar las tres leyes que llevan su nombre y que describen el movimiento de los planetas alrededor del Sol. El cuidado con que realizaba sus mediciones le llevaba a diseñar siempre instrumentos de mayor calidad que soportaran mejor el paso del tiempo y a mejorar su uso, mediante la experimentación de nuevos mecanismos y materiales. Por otra parte, los comprobaba de manera periódica para evitar los errores sistemáticos debidos a la degradación de sus distintas partes. Además, medía las posiciones, proporcionando los errores de las mismas, de los distintos cuerpos celestes en cualquier momento de sus órbitas, no solo en los momentos más significativos, como pueden ser cuadraturas y oposiciones, como era común entre los estudiosos de la época. También fue el primer astrónomo que tendría en cuenta la refracción de la atmósfera, el cambio de dirección de un rayo de luz según atraviesa la misma, para medir las verdaderas posiciones de los astros.

Finalmente, siempre estuvo dispuesto a mejorar sus propias teorías, nunca obcecándose en una idea. Como ejemplo de ello, en 1599 se dio cuenta de que su teoría del movimiento lunar estaba equivocada, dado que el eclipse previsto según la misma comenzó veinticuatro minutos antes de lo que él había calculado. Por tanto, la revisó, mejorándola. Todo un ejemplo a seguir para los científicos actuales. Es justo esa minuciosidad la que le permitió darse cuenta de que las tablas de posiciones celestes que se utilizaban en la época, entre las que destacan las alfonsinas del rey castellano Alfonso X «El Sabio», contenían errores substanciales. De hecho, incluso tenemos una fecha de ese momento: el 17 de agosto de 1563, ya que estaba observando una conjunción entre Saturno y Júpiter. Así, una de sus grandes contribuciones científicas sería la revisión de las tablas astronómicas, realizadas con la ayuda de Kepler, a quien contrató como asistente, y que se publicarían muchos años después de la muerte

■ FIGURA 47. DIBUJO DE TYCHO BRAHE DE LA SUPERNOVA DE 1572. APARECIÓ EN SU LIBRO «DE NOVA STELLA», PUBLICADO AL AÑO SIGUIENTE. LAS DIFERENTES ESTRELLAS SE ENCUENTRAN IDENTIFICADAS: A CAPUT CASSIOPEÆ (ζ CAS), B PECTUS SCHEDIR (α CAS), C CINGULUM (η CAS), D FLEXURA AD ILIA (γ CAS), E GENU (δ CAS), F PES (ε CAS), G SUPREMA CATHEDRÆ (β CAS), H MEDIA CHATEDRÆ (κ CAS), Y I NOUA STELLA, QUE ES LA SUPERNOVA.

de Tycho Brahe. Aparecerían en 1627, después de años de preparación por parte de Kepler. Tablas que eran indispensables, entre otras muchas funciones, para una navegación precisa, al utilizar las estrellas para determinar la posición.

Noviembre de 1572 sería un mes extraño para aquel que tuviera bien abiertos los ojos y gustase de contemplar el cielo. Tycho Brahe observó el día 11 una nueva estrella en la constelación de Casiopea, aunque no fue el primero en hacerlo. Wolfgang Schuler, en Wittenberg, realizó el primer registro histórico, el 6 de noviembre. En los días siguientes se realizaron las observaciones de Hainzel, Lindauer, Francesco Maurolico y Cornelius Gemma. En España, Jerónimo Muñoz publicó meses después el tratado «Libro del nuevo cometa», que se oponía a las tesis aristotélicas de inmutabilidad del cielo y sería acallado por las fuertes críticas, a pesar de haber sido publicado a instancias de Felipe II. En el mismo año del libro de Muñoz, publicó Tycho Brahe su «*De nova Stella et nullius aeri memoria primus visa*». Este recibiría fama inmortal mientras que aquel sufriría ataques y tal vez llegara a temer por su vida.

Sin saberlo, Tycho observó una supernova, probablemente una de tipo Ia, esto es, la destrucción de una enana blanca al final de su vida, después de haber agotado todo su combustible nuclear, debido a la interacción con una estrella compañera gigante. Pero pasarían varias centurias antes de alcanzarse este tipo de conocimiento. Para él fue una estrella nueva, un evento inesperado y sorprendente.

La observación de la supernova de 1572 sería una evidencia importante para el desmantelamiento de la escuela escolástica y la influencia de Aristóteles, que ya pesaba como una losa en el pensamiento occidental. Por supuesto, la lucha entre la tradición y la nueva ciencia no cesó con este descubrimiento, y unos cincuenta años más tarde cerca estuvo de costarle la vida a Galileo Galilei.

En cualquier caso, la vida de Tycho no estuvo exenta de vicisitudes, a pesar de los privilegios de cuales disfrutó, como el trato de favor de los reyes daneses o del emperador del Sacro Imperio Romano Germánico, Rodolfo II. Es justamente al emperador a quien dedica «*Astronomiae Instauratae Mechanica*», con un prólogo digno del mejor cortesano, aunque sin perder su dignidad. De hecho, esta obra se publicó inicialmente en una versión breve, producto de la necesidad de presentarse ante Rodolfo II con un obsequio, en 1598. El trabajo no vio la edición definitiva hasta 1602 como obra póstuma, cuando fue publicada por Kepler, ya que Tycho falleció en Praga el 24 de octubre de 1601.

Curiosamente, esta revolucionaria obra póstuma de Brahe no había sido traducida al español hasta hace bien poco, cuando ha aparecido una edición facsímil de la misma que incluye la versión en nuestro idioma. Leer la «Mecánica de la Astronomía Renovada», el título en español, permite disfrutar de una traducción directa, de los grabados originales, donde aparecen sus impresionantes instrumentos astronómicos; de lo actual que es la descripción de los mismos. No es la única gran obra del pensamiento occidental escrita en latín que no ha tenido versión en español. Recuerda la censura y la penuria intelectual a la que ha estado sometido nuestro país salvo en escasos momentos.

Las relaciones entre Tycho Brahe y Kepler no fueron fáciles: llenas de recriminaciones, abandonos y reencuentros, más características de amantes que de colaboradores, sin embargo dieron unos frutos extraordinarios. Ya antes de conocerse personalmente, Tycho Brahe sería veraz en sus comunicaciones epistolares, aunque diplomático, al pedirle al joven Kepler su opinión sobre sus trabajos iniciales. En cualquier caso, Tycho siempre apoyó la labor del Kepler y este también reconocería el papel crucial que jugó aquel en su propio trabajo.

Durante los últimos meses de su vida tendría como asistente a Simon Marius, co-descubridor de los satélites de Júpiter junto a Galileo. Indudablemente, supo seleccionar a sus colaboradores.

De su trabajo, no queda ninguna evidencia física («*sic transit gloria mundi*»). Ni de los instrumentos que creó. Algunos verdaderamente sorprendentes por su precisión y tamaño, como el gran cuadrante mural, análogo al que Ulugh Beg, astrónomo y rey en Asia central, construyó un siglo antes. Tampoco de los edificios del observatorio de Uraniborg, en la isla de Hven. Solo queda la ciencia. Así, es otra lección que nos dejó: lo único permanente, el conocimiento. Fue, pues, premonitorio su epitafio: «*Nec fasces nec opes, Sola Artis sceptra perennant*», «Ni los honores ni las riquezas: solo la perfección de la obra es lo que sobrevivirá».

La inmovilidad de la Tierra, la condena de las teorías de Copérnico y las tribulaciones de Galileo

«...Dadme las naves y adaptadme las velas al viento celeste; habrá gente que no tendrá miedo ni siquiera de cara a aquella inmensidad. Y para estos descendientes que ya dentro de muy poco se aventurarán por estos caminos preparemos, oh Galileo, yo una astronomía lunar y tú una joviana». Johannes Kepler, en «Dissertatio cum Nuncio Sidereo».

Así de entusiásticamente reaccionó Kepler ante la publicación en 1610 por parte de Galileo Galilei de «*Sidereus nuncius*», un breve panfleto en donde presentaba varios descubrimientos extraordinarios producto de la aplicación del telescopio a la observación de la esfera celeste. Adoptó Galileo a raíz de los mismos una visión heliocéntrica. Sin embargo, la sorpresa que recorrió Europa no estuvo exenta de polémicas y terminó por provocar un encontronazo con la *intelligentsia* y la jerarquía eclesiástica.

SIDEREVS
NVNCIVS
MAGNA, LONGEQVE ADMIRABILIA
Spectacula pandens, suspiciendaque proponens
vnicuique, præsertim vero
PHILOSOPHIS, atq; ASTRONOMIS, quæ à
GALILEO GALILEO
PATRITIO FLORENTINO
Patauini Gymnasij Publico Mathematico
PERSPICILLI
QVATVOR PLANETIS
MEDICEA SIDERA
NVNCVPANDOS DECREVIT.
VENETIIS, Apud Thomam Baglionum. M D C X.

■ FIGURA 48. PORTADA DE LA EDICIÓN PRINCEPS DE «SIDEREUS NUNCIUS», 1610 EL «MENSAJERO SIDERAL» ES PEQUEÑO FOLLETO EN LATÍN PUBLICADO POR GALILEO Y QUE ROMPIÓ PARA SIEMPRE LA VISIÓN GEOCÉNTRICA Y ARISTOTÉLICA DEL UNIVERSO. FOTOGRAFÍA DE UN EJEMPLAR CONSERVADO EN LA LIBRARÍA CRAWFORD DEL OBSERVATORIO REAL DE EDIMBURGO.

Así, el 24 de febrero de 1616 una comisión de teólogos consultores de la Inquisición censuró la teoría heliocéntrica de Copérnico y reafirmó la validez de la inmovilidad de la Tierra.

En realidad el proceso fue algo más complicado. Comenzó el 19 de febrero con la propuesta de censura de una comisión de expertos, entre los cuales no había ningún astrónomo. Continuó con una reunión de la Congregación del Santo Oficio en la que se inició la amonestación a Galileo por orden del papa Paulo V, realizada al día siguiente por el Cardenal Bellarmino, cuando se le prescribió que abandonase la opinión de que la Tierra se mueve. El primero de marzo la Congregación del Índice prohibió una serie de libros relacionados con el heliocentrismo y su validez desde un punto de vista teológico, y se suspendió la obra de Nicolás Copérnico «*De revolutionibus orbium coelestium*» o «Sobre el movimiento de las esferas celestiales», publicada póstumamente en 1543, hasta su «corrección». La obra maestra copernicana permanecería en el índice de libros prohibidos, el infame «*Index Librorum Prohibitorum et Expurgatorum*», hasta el año 1835. Recordemos que la teoría heliocéntrica, y el modelo matemático que la

acompaña, era esencial para calcular con precisión y sencillez los movimientos de los planetas y estaba relacionada con la reforma del calendario, por lo que era extremadamente difícil prohibirla completamente. El decreto se publicaría varios días más tarde, el 5 de marzo de 1616.

NICOLAI CO
PERNICI TORINENSIS
DE REVOLVTIONIBVS ORBIVM
um coelestium, Libri VI.

Habes in hoc opere iam recens nato, & edito, studiose lector, Motus stellarum, tam fixarum, quam errantium, cum ex ueteribus, tum etiam ex recentibus obseruationibus restitutos: & nouis insuper ac admirabilibus hypothesibus ornatos. Habes etiam Tabulas expeditissimas, ex quibus eosdem ad quoduis tempus quam facillime calculare poteris. Igitur eme, lege, fruere.

Norimbergæ apud Ioh. Petreium,

■ FIGURA 49.
PORTADA DE «DE REVOLUTIONIBUS ORBIUM COELESTIUM», POR COPERNICO, EN LA EDICIÓN INICIAL DE 1543.
SI ÉL LLEGÓ A VERLA, SERÍA EN SU LECHO DE MUERTE. CORTESÍA DE UNIVERSITÄT WIEN (UNIVERSIDAD DE VIENA, HW 47).

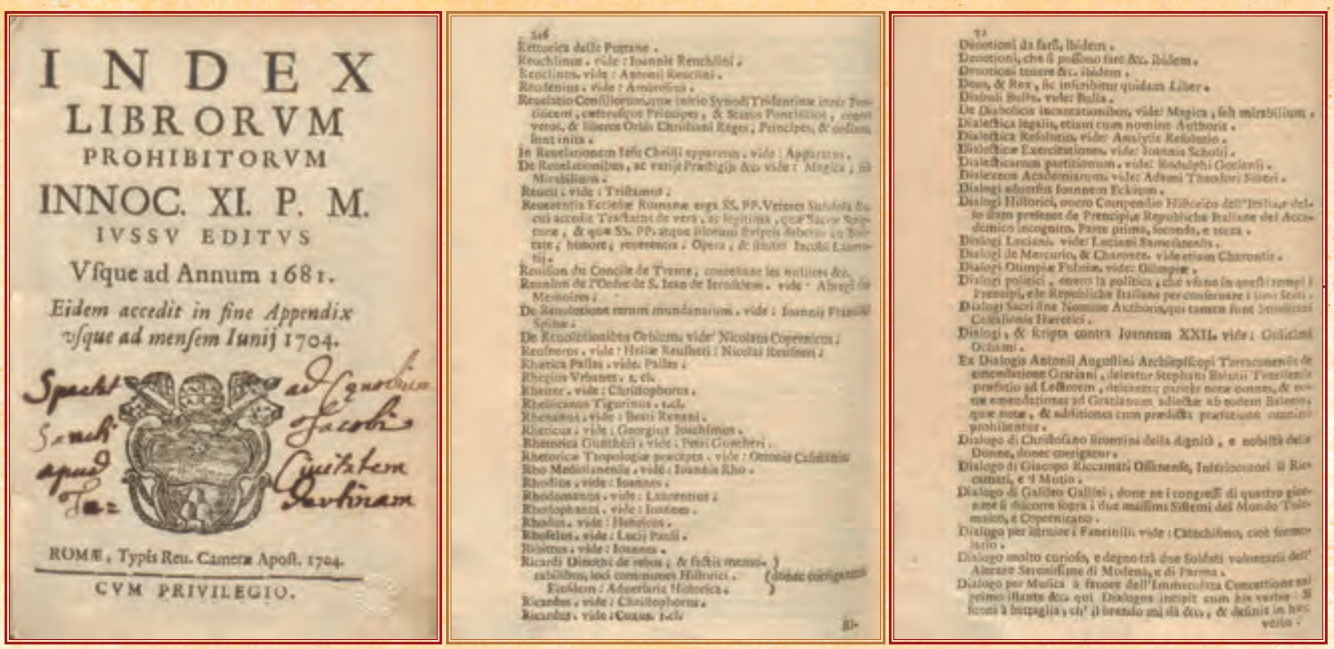
La historia de las tribulaciones de Galileo y sus encuentros y desencuentros con la jerarquía eclesiástica, por supuesto, no comenzó ni terminaría ahí. El inicio hay que buscarlo probablemente en 1609, cuando recibió noticias de la existencia de un instrumento maravilloso, compuesto de lentes, capaz de «acercar» los objetos. Con esta limitada información, Galileo construyó su primer telescopio durante el verano de aquel año. Ya en diciembre, se encontraba observando el firmamento con telescopios de calidad adecuada. Y es entonces cuando un nuevo Universo se abrió para él, y también para nosotros, herederos intelectuales de la obra galileana. Entre sus múltiples descubrimientos, están las manchas del Sol, las montañas de la Luna, las fases de Venus, los cuatro satélites principales de Júpiter, los anillos de Saturno aunque sin darse cuenta de su naturaleza, la explicación de las mareas, la gran densidad de estrellas de la Vía Láctea, el propio uso del telescopio y del péndulo como instrumentos científicos, leyes de la dinámica y estudios sobre la caída de los graves, entre otros. Fue precisamente el descubrimiento de las manchas solares lo que le puso en colisión directa con los jesuitas, debido a la disputa que inició por la prioridad del hallazgo y el significado de las mismas con el padre Christopher Scheiner, quien insistía en la incorruptibilidad del cielo. Otra disputa con un miembro de esa orden religiosa, en este caso Horazio Grassi, fue por la naturaleza de los cometas, en la que Galileo se equivocaría. Diversos intelectuales ligados a varias órdenes, aunque también encontraría aliados dentro de alguna de ellas, asediarían desde ese momento a Galileo de manera implacable.

Años más tarde, el 22 de junio de 1633, a pesar de la protección de los Duques de Toscana, la poderosa familia Medici, Galileo fue formalmente condenado por la Inquisición y forzado a abjurar, de rodillas y bajo amenaza de torturas, de la teoría de Copérnico, calificada de herética. Y lo sería a instancias de su supuesto amigo, el pontífice Urbano VIII, elevado al trono papal en 1623.

La historia de Galileo y la prohibición de su libro «*Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*», el conocido «Diálogo sobre los dos grandes sistemas del mundo», donde exponía de manera contundente la superioridad de la teoría copernicana que situaba al Sol en el centro del Universo (y por tanto forzando el movimiento de la Tierra, lo que se oponía a la interpretación literal de ciertos pasajes de la Biblia) frente a la visión geocéntrica y geoestacionaria de Claudio Ptolomeo es, verdaderamente, fascinante. Y ello a pesar de las limitaciones impuestas por Urbano VIII durante el proceso de edición del libro, completamente supervisado por la jerarquía romana y que le dio, en un primer momento, el «*imprimatur*», la declaración oficial de estar libre de error moral o doctrinal.

Todo el proceso fue, en verdad, de gran complejidad, digno de la mejor novela de conspiración renacentista. Desde los antecedentes prácticamente un siglo antes, con el desarrollo de manera cautelosa de la teoría heliocéntrica por parte de Copérnico, pasando por los métodos procesales de la Inquisición, que se soslayaron o incluso contravinieron en el caso Galileo, la guerra ideológica entre partidarios y enemigos de Galileo en el mundo académico, hasta el papel de la política internacional, incluyendo la lucha contra el protestantismo y el enfrentamiento entre España y Francia que forzó la reorientación de la política de Urbano VIII, lo que bien pudo influir en su cambio de opinión, tan drástico, respecto a la obra de Galileo. O, sencillamente, tal vez el juicio respondiera a la animadversión del

pontífice al verse reflejado en el «Diálogo». La historia llega hasta finales del siglo XX, con la revisión del caso por una comisión de expertos a partir de 1979 por indicación de Juan Pablo II, papa de origen polaco. El llamado caso Galileo está repleto de múltiples manipulaciones de inquisidores e historiadores, que llegan hasta el fraude y la tergiversación descarada de evidencias.


INDEX
LIBRORVM
PROHIBITORVM
INNOC. XI. P. M.
IVSSV EDITVS
Vsque ad Annum 1681.
Eidem accedit in fine Appendix
vsque ad mensem Iunij 1704.
ROMÆ, Typis Rev. Camera Apost. 1704.
CVM PRIVILEGIO.

■ FIGURA 50. PORTADA Y DOS PÁGINAS DEL «INDEX LIBRORUM PROHIBITORUM», EN SU VERSIÓN DE 1681. ES EL TEMIDO ÍNDICE DE LIBROS PROHIBIDOS POR LA INQUISICIÓN ROMANA, CON IMPRESIÓN DE 1704. SE PUEDE APRECIAR LOS TÍTULOS DE LA OBRA DE COPÉRNICO «DE REVOLUTIONIBUS» Y DE LA DE GALILEO «DIALOGO SOPRA I DUE MASSIMI SISTEMI DEL MONDO». CORTESÍA DE ETH-BIBLIOTHEK ZÜRICH (RAR 2719).

Galileo moriría, ciego, el 8 de enero de 1642, a punto de cumplir 78 años, después de haber pasado los cinco años posteriores a la condena confinado en su casa de Florencia y bajo la sospecha de la jerarquía eclesiástica los últimos cuatro años. A pesar de ello, siguió trabajando en ciencia y en la realización de diversos experimentos hasta prácticamente sus últimos días.

Más prudente que él fue René Descartes, quien decidió no publicar su «*Traité du monde et de la lumière*» a pesar de estar listo, tras conocer la condena de Galileo en 1633, al adoptar una visión netamente heliocéntrica en su texto. Los tiempos no eran los adecuados para ignorar el poder de la Inquisición, como el caso de Galileo había demostrado, aunque los vientos anunciaban cambios. Reutilizaría parte del material en «*Principia philosophiae*», que apareció en 1644. Otras partes aparecería en «*De Homine*» y la primera edición completa tendría que esperar hasta 1677.

En 1651, el jesuita Giovanni Battista Riccioli publicó su extraordinaria obra «*Almagestum Novum*», un enciclopédico trabajo. En su noveno libro realizó un análisis crítico de los sistemas geocéntrico, en la versión de Tycho Brahe ya que la clásica de Ptolomeo había quedado descartada, y heliocéntrico de Copérnico. Examinaría 126 argumentos, de los cuales, según él, habría 49 a favor y 77 en contra del movimiento de la Tierra. Como él mismo comentaría, su posición, aunque no dogmática, favorecía a la Tierra como centro del Cosmos.

«*Eppur si muove*»... Probablemente Galileo, anciano y derrotado, no pronunció está frase al salir de la sala en donde tuvo que abjurar de la teoría heliocéntrica. Y sin embargo se mueve...

Algunas pruebas empíricas de los movimientos de rotación y traslación de la Tierra son:

- La caída libre de los cuerpos, ya sugerida por Galileo. Al caer se desplazan hacia el Este. La primera confirmación se obtuvo en un experimento realizado en 1791 desde la Torre de los Asinelli, en Bolonia.

- El péndulo de Focault. La primera comunicación se realizó en 1851.

- La desviación de los proyectiles de artillería hacia la derecha en el hemisferio norte.

- La aberración de la luz, descubierta por James Bradley en 1728, y que es el resultado de la suma de la velocidad finita de la luz con la de la Tierra en torno al Sol y produce una variación de la posición aparente de las estrellas.

En cualquier caso, Galileo Galilei es uno de los grandes científicos de todos los tiempos y el padre de la física moderna. Gracias a él, nosotros sí podemos afirmar *«eppur si muove»*.

Un astrónomo llamado Cervantes: el nombre de los satélites jovianos

Miguel de Cervantes falleció en el año 1616, pobre, y fue enterrado en el monasterio de las Trinitarias de Madrid, en donde ahora se busca su tumba. Además de su monumental obra «El ingenioso hidalgo don Quijote de la Mancha», que ya él mismo consideró la primera novela moderna, tiene en su haber una considerable producción literaria que incluye poesía y teatro. Lo sorprendente es que su cultura científica debía ser considerable, pues estaba al tanto de los avances que a comienzos del siglo XVII se estaban produciendo a partir de la invención del telescopio. Es posible, incluso, que hiciera una contribución científica significativa dando nombre a los satélites del planeta Júpiter, identificados cuando el astrónomo pisano Galileo Galilei dirigió el nuevo instrumento a los cielos.

SIMÓN MARIUS Y EL DESCUBRIMIENTO DE LOS SATÉLITES DE JÚPITER

Con la publicación de «*Sidereus Nuncius*», el mensajero sideral, en marzo de 1610, Galileo inició una verdadera revolución no solo astronómica, sino del pensamiento, al presentar sólidas evidencias que rompían interpretaciones del mundo asentadas desde hacía siglos. Nos descubrió Galileo en esta obra una Luna irregular e imperfecta, identificó gran cantidad de estrellas nuevas más débiles que las que se ven a simple vista, revelando la compleja naturaleza de la Vía Láctea, y descubrió cuatro cuerpos que orbitan alrededor de Júpiter, desbaratando la cosmología tolemaica de una manera devastadora. En sucesivas cartas continuaría su demolición de la visión estática aceptada por la ortodoxia aristotélica: observó las fases de Venus y los anillos de Saturno, sin llegar a identificarlos como tales; e interpretó correctamente que las manchas solares son máculas en su superficie. En estos y en otros de sus descubrimientos, Galileo estuvo sumergido en grandes polémicas, que estuvieron cerca de costarle la vida al enfrentarse con la Inquisición romana: sería censurado en 1616 y condenado en 1633. Una de estas disputas, circunscrita al ámbito académico, y no resuelta hasta el siglo XX, involucró al astrónomo alemán Simon Marius, versión latinizada del nombre alemán Simon Mayr o Mayer, quien reclamó el co-descubrimiento de los satélites jovianos y que fue atacado de manera demoledora por Galileo debido a ello. El supuesto plagio, aceptado durante 300 años, se desmontó hace décadas, aunque todavía se pueden encontrar citas al mismo en diferentes textos. Veamos la secuencia de eventos:

Simon Marius, nacido en 1570 o probablemente en 1573 cerca de Nuremberg, estudió astronomía en Praga junto a los renombrados Tycho Brahe y Johannes Kepler, llegando a

ser asistente del primero durante unos meses, antes del fallecimiento de aquel en 1601. Durante tres años, hasta el inicio de 1605, cursó medicina en Padua. En esta ciudad italiana tal vez se cruzó con Galileo por primera vez, pues este vivió allí desde 1592 hasta 1610, su «*annus mirabilis*», en donde enseñaba mecánica, geometría y astronomía.

En julio de 1605 ya habría regresado a Alemania, donde volvió a tomar posesión de su puesto de matemático en la corte del margrave de Ansbach, Georg Friedrich. Tras su marcha, uno de sus alumnos, Baldassarre Capra, entró en conflicto en dos ocasiones con Galileo, llegando a acusarle de plagio en 1607 por la invención del compás militar. Al parecer, Galileo pensó, sin evidencias, que la mano de Marius estaba detrás de esta demanda que terminó ganando el astrónomo de Pisa.

En 1608 Marius tuvo en sus manos por primera vez un telescopio, pero sus observaciones del cielo se iniciarían a partir del verano de 1609, según describe él mismo en 1614, y fue posible gracias al patronazgo de Johann Fuchs, consejero principal del margrave. En invierno de ese año dirigió su telescopio hacia Júpiter. Y aquí se inicia la controversia, acentuada y oscurecida porque Marius y Galileo usaban distintos calendarios y pertenecían a dos mundos contrapuestos. Los países católicos ya habían aceptado la reforma gregoriana mientras que, paradójicamente, la Alemania protestante seguía anclada en el calendario juliano, que proporcionaba un retraso de diez días respecto a las fechas reales. Recordemos que el calendario fue modificado en 1582 y adoptado inmediatamente en España e Italia. La Alemania fuera del dominio de la dinastía de los Austria no lo haría hasta 1700.

Así, según el relato de Marius, publicado en 1614 en «*Mundus Iovialis*» (se cumplen ahora 400 años), este se percató de la presencia de varias «estrellas» no catalogadas en los alrededores de Júpiter a comienzos de diciembre de 1609, pero ya el 29 de ese mes sospechó que en realidad pudieran estar orbitando alrededor del planeta e inició la medida de sus posiciones. Esta fecha, según el calendario gregoriano, correspondería al 8 de enero de 1610. La noche anterior, desde Italia, Galileo ya había descubierto tres satélites de Júpiter. Marius observaría de manera metódica hasta el 12 de enero juliano, 22 de enero según el calendario gregoriano. En esta fecha ya creería que son cuatro los satélites, aceptando este resultado como definitivo a finales de febrero o principios de marzo (de nuevo, juliano y siguiendo su narración de 1614).

Por parte de Galileo, el 11 de enero comprendió que las «estrellas» orbitan alrededor de Júpiter (después de Marius, si se acepta la descripción contenida en «*Mundus Iovialis*») y dos días después ve el cuarto satélite, antes que Marius. En marzo se publicó en Venecia el «*Sidereus Nuncius*». A final de año descubrió las fases de Venus, análogas a las lunares, y se lo comunicó por carta a Kepler mediante un curioso anagrama, y también a Castelli y Clavio, para asegurarse la prioridad, aunque lo mantuvo sin publicar hasta años después.

Kepler, reaccionando a «*Sidereus Nuncius*», publicó ese año «*Dissertatio cum Nuncio Sidereo*» y «*Narratio de observatis a se quator Jovis satellibus erronibus*», donde no hace ninguna mención sobre las investigaciones de Marius. Sin embargo, en 1611 Kepler publicó en «Dioptrice» un fragmento de una carta escrita por Marius para Odentius, lector de matemáticas en la universidad de Altdorf y amigo de ambos, en la que queda claro que al menos antes del 30 de diciembre de 1610, fecha de la misiva original, Marius conocía las fases de Venus y estaba realizando las de Júpiter y compilando tablas para predecir las posiciones de sus cuatro satélites.

En 1612 Marius descubrió la nebulosa de Andrómeda (M31, la galaxia más cercana) y mencionó por primera vez de manera pública sus observaciones de Júpiter y sus satélites en el panfleto «*Frankischer Kalender oder Practica*». Un año más tarde, en octubre de 1613, Marius se encontró con Kepler, quien le sugirió los nombres para los cuatro objetos; cuatro amantes del dios Zeus, el equivalente heleno de Júpiter: Io, Europa, Ganímedes y Calixto, desde el más interior al más alejado.

Finalmente Marius hizo públicas sus observaciones en «*Mundus Iovialis*» en 1614, y aunque dio debido crédito a Galileo, también reclamó el co-redescubrimiento. El texto incluye también tablas astronómicas precisas para predecir las posiciones de los cuatro satélites en cualquier momento, algo que Galileo había soslayado, y concluye que las órbitas están inclinadas respecto a la Eclíptica, una afirmación que evidencia que Marius realizó observaciones muy precisas. Por otra parte en el libro se proponen varios conjuntos de nombres, y entre ellos recoge la idea de Kepler. Sin embargo, será la nomenclatura de Galileo la que permanecerá: numerales romanos, siendo Jupiter I el más próximo (Io) y Júpiter IV el más alejado (Calixto). No es hasta 1847 cuando John Frederick William Herschel, hijo del descubridor de Urano, propondrá el uso de nombres individuales, tomados de la mitología grecolatina, para los múltiples satélites del planeta Saturno, siguiendo la estela de Kepler y Marius. Es a partir de ese momento cuando los nombres actuales comenzarán a usarse, aunque los numerales de Galileo también seguirán siendo válidos.

El contrataque de Galileo, centrado en su lucha con la jerarquía eclesiástica romana y en la imagen obsoleta del mundo que apoya, se hizo esperar, y no es hasta 1623, con la impresión de «*Il Saggiatore*», que Galileo desató un ataque destructivo contra la reputación de Marius. Rechazó la veracidad de sus observaciones y afirmó que las órbitas de los cuatro satélites son paralelas a la Eclíptica, contrariamente a sus propias observaciones y diagramas tomados años antes.

El reanálisis de las observaciones de ambos ha permitido concluir que lo probable es que Marius fuera honesto en sus datos, aunque tal vez no entendiese la importancia de su descubrimiento en 1610. Por una parte, las posiciones de los satélites publicadas por Galileo son relativas al tamaño angular de Júpiter, que nunca divulgó. Por otra, las tablas calculadas por Marius incluyen estos datos de Galileo. Dado que sus resultados de los radios de las órbitas y de los satélites son mejores que los de Galileo, tuvo, por necesidad, que haber realizado sus propias observaciones. Así que tanto Galileo como las subsiguientes generaciones de astrónomos e historiadores fueron injustos con el papel que representó en el descubrimiento de los satélites.

La ironía de toda esta aventura es que las lunas de Júpiter son lo suficientemente brillantes como para ser vistas con el ojo desnudo, sin necesidad de telescopio. Ganímedes o Júpiter III según Galileo, es el más grande, más que la Luna o Mercurio, y es notablemente brillante, alcanzando magnitud 5 (por comparación, las estrellas más débiles visibles en una noche oscura tienen magnitud 6), lo que en principio permitiría su identificación sin el auxilio de un telescopio y desde la Antigüedad podría haberse descubierto. Pero es Galileo Galilei quien dejó primera constancia de su existencia.

¿Y qué tiene esta historia que ver con Miguel de Cervantes? Sorprendentemente, bastante.

CERVANTES: NO SOLO LITERATURA

Si Omar Jayyam fue un astrónomo-poeta, Cervantes posee una faceta astronómica desconocida hasta ahora. En el relato «La Gitanilla», de las «Novelas Ejemplares» aparece un romance que incluye las siguientes líneas:

...
Junto a la casa del Sol
va Júpiter; que no hay cosa
difícil a la privanza
fundada en prudentes obras.
Va la Luna en las mejillas
de una y otra humana diosa;
Venus casta, en la belleza

de las que este cielo forman.
Pequeñuelos Ganímedes
cruzan, van, vuelven y tornan
por el cinto tachonado
de esta esfera milagrosa.
...

El poema glosa las virtudes de la reina Margarita de Austria, esposa de Felipe III. La cultura científica de Cervantes es manifiesta, no solo por la descripción de los planetas y del Sol, que hasta aquel momento la mayoría de los intelectuales aceptaba que orbitaban alrededor de La Tierra, según la denominada teoría geocéntrica. Lo más significativo es que Cervantes hace referencia a los satélites de Júpiter, poco tiempo después de su descubrimiento, ya que los últimos cuatro versos tienen un significado explícito: el «cruzan, van, vuelven y tornan» deja poco espacio a la imaginación, y correspondería a una descripción bastante concisa del hecho de orbitar alrededor de Júpiter; y los dos últimos versos, «por el cinto tachonado / de esta esfera milagrosa» hacen referencia a la Eclíptica, el círculo imaginario sobre el que se mueven los planetas y de manera aparente el Sol, y a la esfera celeste. Está escrito, pues, en clave astronómica y no únicamente mitológica.

Miguel de Cervantes. 4

Lisongeras, y amorosas,
Y Cupido en cifras varias,
Que rubica, y perlas bordan.
Allí va el furioso Marte
En la persona curiosa
Demas de vn gallardo jouen,
Que de su sombra se asombra.
Iunto a la casa del Sol
Va Iupiter, que no ay cosa
Difícil a la priuança
Fundada en prudentes obras.
Va la Luna en las mexillas
De vna, y otra humana Diosa,
Venus casta en la belleza
De las que este cielo forman.
Pequeñuelos Ganimedes
Cruzan, van, bueluen, y tornan
Por el cinto tachonado
De esta esfera milagrosa.
Y para que todo admire,
Y todo assombre, no ay cosa
Que de liberal no passe,
Hasta el estremo de prodiga.
Milan con sus ricas telas
Allí va en vista curiosa,
Las Indias con sus diamantes,
Y Arabia con sus aromas.
Con los mal intencionados
Va la embidia mordedora,
Y la bondad en los pechos
De la lealtad Española.
La alegria vniuersal
Huyendo de la congoja,
Calles, y plaças discurre

A 4 Del

■ FIGURA 51. IMAGEN DIGITALIZADA DEL ROMANCE DE "LA GITANILLA", 1613. REPRODUCCIÓN A PARTIR DE LA 1ª ED. DE «NOUELAS EXEMPLARES», MADRID, POR IUAN DE LA CUESTA. BIBLIOTECA NACIONAL (SIG. CERV./ 2538, FOLIO. 4R).

La datación del texto es relativamente sencilla: se publicó en 1613, con dedicatoria firmada en julio; la censura está datada el 2 de julio de 1612 y la aprobación es de siete días después. La propuesta de Kepler a Marius sobre los nombres de los satélites es bastante posterior, de octubre de 1613, según «*Mundus Iovialis*», que apareció en 1614. Por tanto, el nombre sugerido por Cervantes precede claramente a la sugerencia de los dos astrónomos germánicos.

Lo más significativo es que nos proporciona indicios de la cultura científica de Cervantes y sobre la difusión de los importantes descubrimientos de Galileo. El poema versa sobre una misa partera, aunque no identifica a cual de los nacimientos principescos corresponde: Margarita de Austria tuvo ocho hijos entre 1601 y 1611, pero el contexto del poema pudiera indicar que se refiere al último, Alfonso de Austria, nacido y fallecido el 22 de septiembre de 1611, aunque en general se asume que se refiere al nacimiento del futuro Felipe IV, que tuvo lugar el 8 de abril de 1605. De ser así, «La Gitanilla» tuvo que ser escrito entre estas fecha y junio de 1613. El propio desarrollo de la trama indica que es posterior a 1610, dado que la protagonista, Preciosa, es raptada en 1595, y tiene quince años cuando la historia se desarrolla. Y sería extraordinario que Cervantes hubiera trasladado el relato hacia su futuro. Sin embargo, es posible que la romanza anteceda o sea posterior a la propia novela y haya sido incluida en el texto antes de la impresión del mismo. En cualquier caso, recordemos que la publicación de «*Sidereus Nuncius*» fue en marzo de 1610.

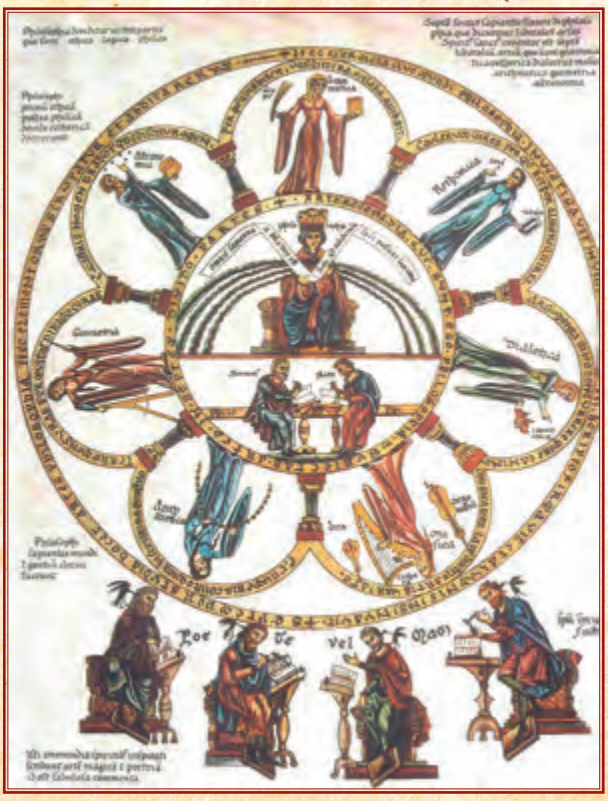
Es muy improbable que Kepler o Marius tuvieran acceso a las «Novelas Ejemplares» de Cervantes. Es posible, aunque de demostración poco factible, que alguien que las hubiera leído le hubiera comentado a Kepler el nombre cervantino, genérico para los cuatro satélites, de pequeños Ganímedes. Pero es más que plausible que el autor de «El Quijote» imaginase un nombre muy adecuado para la pequeña corte de seguidores del mayor planeta

del Sistema Solar, basado en la mitología griega (norma cuya práctica se ha mantenido hasta tiempos recientes) y que coincidiese plenamente con Kepler. Cervantes sería, por tanto, no solo el primero en novelar en español, y de manera extraordinaria, sino que con su poesía no siempre bien valorada, habría bautizado a estos cuatro objetos que ayudaron a construir la imagen del mundo tal y como ahora lo entendemos.

Finalmente, cabe pensar que Cervantes no es el único autor español de comienzos del siglo XVII que incorpora elementos de esta revolución científica. Con una mirada crítica, ¿cuántas referencias astronómicas se encontrarán en la literatura de la segunda parte del Siglo de Oro? De ser significativas, España, en esa época, no estaría tan aislada de los avances del conocimiento. El reto está lanzado.

Cultura: ¿ciencia versus humanidades?

¿Quién no conoce a Cervantes, aunque no haya leído «El Quijote»? ¿Quién no ha oído hablar de «La Odisea» o «La Iliada», aunque solo sea por alguna referencia? En general, se considera que una persona tiene una cultura aceptable si posee un conocimiento mínimo sobre los escritores clásicos, los principales del Siglo de Oro y algunos posteriores; sobre pintores hasta Picasso; y cierta familiaridad con el arte y la literatura, incluyendo el cine, del siglo XX. Se supone que alguien verdaderamente culto debería hablar varios idiomas, conocer la diversidad de estilos literarios, y distinguir las sutilezas del arte contemporáneo. Sin embargo, no se suele incluir en esta lista un conocimiento somero de las matemáticas, de la física o la química. No se suele listar la biología entre los conocimientos esenciales de una persona erudita. En una sociedad donde el acceso a un ordenador y a internet empieza a ser indispensable, unas nociones básicas sobre el funcionamiento de los ordenadores, sobre las herramientas que nos proporcionan, no se tienen en cuenta. Hace 100 años se consideraba que un analfabeto era aquella persona que no podía leer o escribir a un nivel básico, porque no era capaz de comunicarse con la sociedad en la que vivía y carecía de acceso a las inmensas fuentes de conocimiento que representan las bibliotecas. Si trasladamos el símil a la actualidad, está claro que quien no maneja un ordenador de una manera adecuada, explotando todas las posibilidades de la red, se ha quedado atrás.



■ FIGURA 52. LAS SIETE ARTES LIBERALES, UN MANUSCRITO DE FINALES SIGLO XII. POR HERRAD VON LANDSBERG, EN «HORTUS DELICIARIUM».

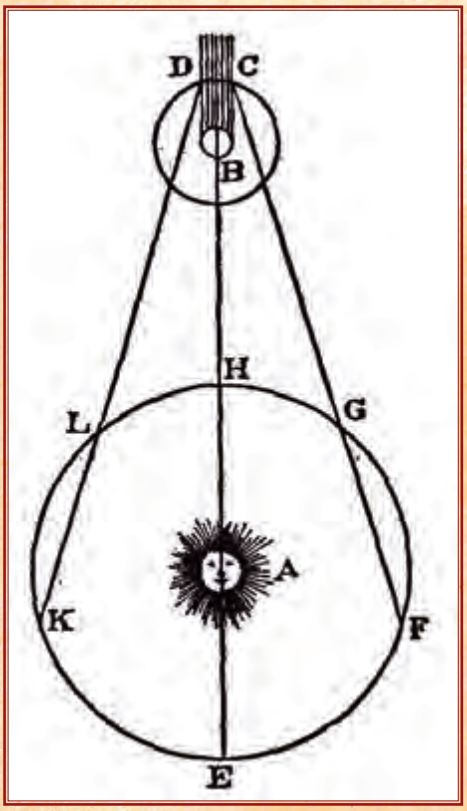
Durante la Antigüedad y la Edad Media se consideraba que el currículum escolar estaba formado por siete asignaturas o artes liberales, agrupadas en dos grupos diferenciados: el *trivium* y el *quadrivium*. El primero comprendía la gramática, la retórica y la dialéctica o lógica, y trataban sobre la capacidad de pensar y de transmitir esa información. El segundo grupo, que se apoyaba en el primero aunque fue definido mucho antes, tal vez por Platón, incluía la aritmética, la geometría, la astronomía y la música. Hasta el siglo XIII aproximadamente, era impensable contemplar una educación clásica sin estas siete líneas del saber. Como fundamentos de la educación, fueron incorporadas durante el renacimiento carolingio en los siglos VIII y IX de nuestra era, durante los reinados de Carlomagno y Luis el piadoso: unas breves décadas en donde se recuperó el gusto por el saber y donde se copiaron numerosos textos clásicos en los *scriptorium* de los monasterios. Por desgracia, dado que los soportes de pergamino o papiro, aun más frágil, son perecederos, aquellos textos que no se transcribieron han terminado perdiéndose.

Independientemente de que con la implantación del método científico, la ciencia se haya desarrollado de una manera específica, fundamentada en el uso de formulación matemática y restringida por determinados criterios, la evolución posterior de las humanidades y de las ciencias sigue líneas en cierta manera paralelas. Desde Galileo Galilei, que para regresar a Florencia se hace nombrar matemático y filósofo de los Medici, pasando por Isaac Newton y René Descartes, hasta llegar a la Ilustración, no se puede decir que haya una separación clara entre este tipo de actividades. Estos son hombres educados desde una perspectiva global. Incluso posteriormente, casi diría hasta bien entrado el siglo XX, la educación era mucho más inclusiva. Hasta hace un par de décadas en España se seguía teniendo la oportunidad de estudiar al menos un año de latín, aún en el caso de especializarse en ciencias. Existe una tendencia cada vez más clara a separar la ciencia de las humanidades y en cierta medida a relegar estas últimas. Debiera quedar claro que, verdaderamente, la ciencia también es cultura y que el desarrollo de verdaderos ciudadanos requiere una formación integral.

Midiendo la velocidad de la luz

Parece ser que el primero en sugerir un método para determinar si la luz tenía una velocidad finita fue el filósofo y científico Isaac Beeckman, en el año 1629. Partía de la premisa de que una partícula no puede estar en dos lugares a la vez y de la naturaleza corpuscular de la luz. A fin de medir su velocidad y a raíz de una discusión con su estudiante René Descartes, realizó un experimento: la observación de una explosión de pólvora oculta tras un muro mediante su reflexión en un espejo situado a gran distancia. Tanto Beeckman como Descartes no pudieron, por razones obvias, determinar qué detectaron antes, el sonido de la deflagración o el destello reflejado.

Pocos años después, en 1638, un Galileo enfermo y recluido bajo arresto domiciliario por orden de la Inquisición romana, lo intentaría de nuevo, también sin éxito. Concluyó, eso sí, que si la transmisión no es instantánea, su velocidad es tan alta como para impedir su determinación. Al menos en ese momento, con la tecnología disponible. El experimento ideado por Galileo fue intentado años después en Florencia, y también resultó un fracaso.



■ FIGURA 53. LA MEDIDA DE LA VELOCIDAD DE LA LUZ POR ROEMER EN DICIEMBRE 1676. DIAGRAMA DEL ARTÍCULO ORIGINAL PUBLICADO EN JOURNAL DES SCAVANS.

Fue Olaf Roemer, mediante el uso de las órbitas de los satélites de Júpiter, quien pudo extraer el primer valor. Publicó el logro en Francia en 1676, y al año siguiente aparecería en Inglaterra, con el resultado de 198 500 km/s, un 30% inferior al valor real de 299 793 km/s. Fue un descubrimiento casual o serendipia, como tantos otros en ciencia, mientras observaba los satélites de Júpiter con la finalidad de mejorar sus efemérides y la precisión de la determinación de la posición, en concreto de la longitud. Y es que Roemer trabajaba bajo las órdenes de Giovanni Dominico Cassini, junto con Jean-Félix Picard, en el ambicioso proyecto cartográfico del Luis XIV y su ministro Jean-Baptiste Colvert.

Roemer se sirvió del hecho de que la distancia Tierra-Júpiter depende de la posición relativa de ambos al orbitar en torno al baricentro del Sistema Solar. Esta es mínima en oposición, cuando se encuentra alineados, con el Sol y Júpiter en los extremos y la Tierra en medio; y máxima cuando es el Sol el que ocupa la posición intermedia. Por tanto, aparecen retrasos respecto al tiempo previsto si la velocidad fuera infinita, si la información se transmitiera de manera instantánea. Tanto Cassini como Picard se habían percatado de las variaciones de los tiempos medidos respecto a las predicciones de los eclipses de los satélites, pero fue Roemer quien, observando a Io, el astro más próximo al planeta, interpretaría correctamente que es debido a la velocidad finita de la luz. Su razonamiento sería recibido con cierto escepticismo por la comunidad de la República de las Letras, y no será hasta que James Bradley descubra en 1727, mucho tiempo después, el fenómeno de la aberración de la luz, cuando se cerrará definitivamente la cuestión. La aberración es un resultado de la velocidad finita de la luz, y consiste en el cambio estacional de las posiciones de las estrellas (y los demás astros) que aparece como consecuencia de la combinación de la velocidad de la luz que emiten y la del receptor situado en la Tierra, que se desplaza alrededor del Sol. Es análogo a la oblicuidad de la lluvia cuando corremos en dirección perpendicular a su caída.

La medición de la velocidad de la luz requiere una estimación del radio de la órbita de la Tierra. Christiaan Huygens, poco tiempo después del trabajo de Roemer, utilizaría una de las primeras determinaciones precisas, basada en el tránsito del planeta Venus por el disco solar, para derivar una velocidad de unos 220 000 km/s, mejor que la de Roemer, pero todavía muy alejada del valor real.

Nuevos métodos, más precisos, fueron ideados con posterioridad por, entre otros, Isaac Newton, Hippolyte Fizeau (ya desde experimentos en laboratorio), Léon Foucault y Albert Abraham Michelson, los últimos en el siglo XIX.

La medida de la longitud de sur a norte: desde Iberia a Albión

Cuando el gran Eratóstenes, también llamado Beta por ser siempre el segundo mejor en todas las actividades que se propuso, racionalizó la geografía estableciendo el sistema de cuadrículas que aun hoy en día, 2200 años después, seguimos usando, planteó un problema de difícil solución: la localización de un punto cualquiera en un mapa. En realidad la primera parte de esta cuestión no es compleja, ya que la posición en los meridianos, que siguen el eje norte-sur, o latitud de un lugar, solo requiere saber la fecha y la altura del Sol sobre el horizonte, determinada a mediodía. De hecho, una sofisticación de esta técnica es lo que permitió medir la circunferencia terrestre, al aplicarse a dos lugares situados en el mismo meridiano pero a latitudes diversas, uno más al norte que el otro: la diferente extensión de la sombra en cada punto permite la comprobación experimental de la curvatura de la Tierra y, asumiendo su esfericidad, su radio. No es el único método para determinar la latitud: tanto las constelaciones visibles por la noche como la duración del día, conocida la fecha a la que se encuentra uno, sirven para una determinación precisa. Una variante, también propuesta por Eratóstenes, y válida para una localización determinada, es la medida de la relación entre el día más corto y el más largo.

■ FIGURA 54. LA TIERRA, SEGÚN HECATEO DE MILETO, QUE VIVIÓ ENTRE LOS SIGLOS VI Y V ANTES DE NUESTRA ERA. LA REINTERPRETACIÓN FUE REALIZADA EN 1879 POR E.H. BUNBURY.

Sin embargo, la segunda parte de la localización geográfica es más compleja: la determinación de la longitud o distancia este-oeste a lo largo de los paralelos. De hecho, probablemente ha sido uno de los problemas que la ciencia y la tecnología más tiempo han tardado en resolver: prácticamente veinte centurias, y ha implicado a mentes brillantísimas que no supieron dar con la solución óptima. Entre las mismas, los famosos Galileo, Cassini, Flamsteed, Euler, Huygens, Newton o Halley, pero también algunas figuras españolas que han permanecido en un segundo plano. A partir del siglo XVI, España, Portugal, Inglaterra, Venecia, los Países Bajos y Francia ofrecieron generosas recompensas y honores a quien supiera resolver la cuestión, con éxito relativo. Pero en dos siglos se produjeron numerosos avances científicos, sobre todo astronómicos y matemáticos, ligados a la resolución del problema, que contribuyeron a provocar renovadas oleadas de exploración y probablemente al dominio comercial de Occidente. Pero no adelantemos acontecimientos.

■ FIGURA 55. EL PRIMER MAPA DEL NUEVO CONTINENTE, REALIZADO POR JUAN DE LA COSA EN 1500. CON PERMISO DEL MUSEO NAVAL.

La clave de la medida de la longitud está en la determinación precisa del tiempo: en la comparación de la hora local, fácilmente estimable por la posición del Sol respecto al eje norte-sur, con la de un punto de referencia, en el que se sitúa al primer meridiano, el punto de latitud cero o punto fijo. Tan acuciante fue la solución, que el mismo Cervantes en el «Dialogo de los Perros», en 1613, nos habla del problema en la voz de un matemático, dueño temporal del can Berganza:

«Veinte y dos años ha que ando tras hallar el punto fijo, y aquí lo dejo, y allí lo tomo, y pareciéndome que ya lo he hallado y que no se me puede escapar en ninguna manera, cuando no me cato, me hallo tan lejos del, que me admiro.»

Históricamente se han propuestos soluciones puramente astronómicas, y a partir del siglo XVII, se han combinado con desarrollos instrumentales para medir el tiempo, especialmente el cronómetro marino desde el XVIII. Pero para entender el problema necesitamos remontarnos al mundo helénico, retrocediendo hasta el siglo III antes de nuestra era e incluso más atrás.

LA NAVEGACIÓN COMO AVENTURA

Desde la Antigüedad han llegado dos fuentes inestimables que contienen información sobre la navegación y la astronomía: Homero con «La Odisea» y «La Iliada», y Arato con «Fenómenos». En el primer caso, la gran epopeya mediterránea incluye numerosas referencias a la estrella Sirio, a la constelación de Orión o a las asociaciones estelares de las Pléyades y las Híades, sin ser reconocidas como tales, en donde se pone cla-

ramente de manifiesto su uso para la navegación. Arato, en el siglo III antes de nuestra era fue aun más prolijo, y describió cómo helenos y fenicios hacían uso de diferentes constelaciones para determinar el Norte: La Osa Mayor en el primer caso (denominada Hélice), y la Menor en el segundo (Cinosura, según el poema, siguiendo a Tales de Mileto, quien vivió a caballo de los siglos VII y VI antes de nuestra era), ya que ambas constelaciones tienen visibilidad distinta dependiendo de la latitud, y ambas culturas se expandieron en ámbitos geográficos bien distintos.

■ FIGURA 56. PORTULANO DEL SIGLO XVI, REALIZADO POR GIOVANNI OLIVA. MUESTRA LA COSTA OESTE DE PORTUGAL, ESPAÑA Y ÁFRICA, Y LAS ISLAS ADYACENTES, JUNTO CON EL MERIDIANO DE REFERENCIA. CON PERMISO COLUMBIA UNIVERSITY, RARE BOOK AND MANUSCRIPT LIBRARY (PLIMPTON MS 094, FF. 1V-2).

En el siglo II antes de nuestra era, Hiparcos de Nicea (circa -190 – circa -120) propuso la isla de Rodas como punto de referencia de las longitudes, tanto hacia el Oeste como al Este, y un método para medirlas basado en los eclipses lunares. Tres siglos después, Claudio Ptolomeo (c. 90 – c. 168) declaró a las Islas Afortunadas (los archipiélagos de las Canarias y las Azores) como punto de partida, y por tanto todas las medidas se realizarían hacia el Este. Sin embargo, en la lucha cultural de varios países que se desarrolló a partir del siglo XVI, en la que se implicaron desarrollos científicos y técnicos, pujanza comercial y poderío marítimo, finalmente salió vencedor el meridiano de Greenwich en 1884, fijado como punto fijo o de referencia en una conferencia internacional que se celebró en Washington. Pero establecer desde qué punto se comienza a medir no es suficiente, el problema está en saber qué hora es allí cuando se está en una localidad distinta. Y, al igual que en el caso de la latitud, el firmamento puede proporcionar la primer respuesta.

La propuesta de Hiparcos es potencialmente muy precisa, pero muy poco práctica, ya que implica la observación de eclipses, bien lunares o solares. Infortunadamente, aunque todos los años hay un mínimo de dos eventos de este tipo, no puede haber más de siete, y los solares solo se observan desde regiones muy concretas. Así que es necesario buscar otro reloj en los cielos. Un problema sin resolver en el periodo clásico o en el medioevo, aunque la navegación de cabotaje soslayara la dificultad a costa de alargar notablemente la duración de los viajes. Con el advenimiento de la navegación de altura en el Atlántico, ya en la Edad Contemporánea, el problema deviene en crucial. De hecho, Cristóbal Colón, en sus viajes a América entre 1494 y 1504, a pesar de que en el albor del siglo XVI se usaba la brújula y los portulanos o rutas fijas entre puertos, se vería abocado a controlar su avance hacia el Oeste con un método estimativo que tiene en cuenta su ritmo de avance y su rumbo.

■ FIGURA 57. LAS RUTAS AL NUEVO MUNDO EN 1551. MAPA DEL COSMÓGRAFO MARÍN CORTÉS DE ALBACAR, PUBLICADO EN «BREUE COMPENDIO DE LA SPHERA Y DE LA ARTE DE NAUEGAR CON NUEUOS INSTRUMENTOS Y REGLAS». CON PERMISO DEL MUSEO DE LA ARMADA (SIGNATURA CF 108, LXXVII).

LA EXPANSIÓN IMPERIAL Y LA NAVEGACIÓN COMO CIENCIA

En 1514, Johanes Werner propuso el método de la distancia lunar, basado en el movimiento de la Luna respecto a las estrellas para determinar la longitud. Sugirió la necesidad de cartas celestes precisas, ya que sin ellas el sistema no puede funcionar. Por otra parte, debido a que la Luna tiene un movimiento muy complejo y no se puede emplear durante unos seis días cada mes, al estar la Luna demasiado cerca del Sol y no ser visible, es un sistema que no puede usarse siempre. En cualquier caso, hasta hace relativamente poco se ha seguido confiando en él, para verificar el funcionamiento de los cronómetros marinos, el método mecánico del que se hablará más tarde. Pero antes de que el método lunar llegara a ser funcional, fueron numerosos los astrónomos que trabajaron en su desarrollo y muchos los descubrimientos y avances científicos que se produjeron, en muchos casos debidos a premios o financiación directa por parte de los gobiernos de las naciones más pujantes del momento o aquellas que tenían la ambición de jugar un papel estelar.

■ FIGURA 58. USO DE UN CUADRANTE PARA MEDIR UNA ALTURA, SEGÚN APIANO EN 1532. ILUSTRACIÓN PUBLICADA EN «QUADRANS APIANI ASTRONOMICUS ET IAM RECENS INVENTUS ET NUNC PRIMUM EDITUS…». CON PERMISO DEL REAL INSTITUTO Y OBSERVATORIO DE LA ARMADA (SIGNATURA 02688, D 2R).

■ FIGURA 59. RELOJ DE SOL, EN 1555. «DE MUNDI SPHAERA, SIVE COSMOGRAPHIA» DE ORONTIUS FINAEUS. CON PERMISO DEL REAL INSTITUTO Y OBSERVATORIO DE LA ARMADA (SIGNATURA 00150-2, 18).

El primer imperio transoceánico, los inmensos dominios marítimos de Juana I y su hijo Carlos I, Majestad Cesárea, y de su hijo Felipe II, *Hispaniarum Rex*, durante el siglo XVI, necesitaba una navegación segura y una cartografía precisa, entre otras razones por la demarcación territorial entre Portugal y España y las respectivas áreas de influencia. El propio viaje de Fernando de Magallanes y Juan Sebastián Elcano alrededor del mundo, entre 1519 y 1522, estuvo marcado por la necesidad de establecer si las islas Molucas, el origen de las especias, estaban dentro de la zona española o la perteneciente a Portugal, según la demarcación del tratado de Tordesillas de 1494. El portugués Rui Faleiro, consejero científico de Magallanes, estaba convencido de la existencia del paso a los Mares del Sur (el océano Pacífico) y con su contribución a la determinación de longitud y latitud fue un eslabón indispensable en el éxito del viaje. Triunfo relativo, ya que solo regresaron dieciocho de las 234 personas que embarcaron en Sevilla y Sanlúcar de Barrameda. Según Antonio Pigaffeta, cronista del viaje de Magallanes-Elcano:

«…Ruy Faleiro, que compás en mano demostraba sobre el mapamundi que las islas estaban situadas más acá de 180 grados de longitud occidental de la línea de demarcación. Como aun dudase el cardinal Cisneros, Faleiro dio a Magallanes un método para calcular la longitud, a fin de no sobrepasar la línea…».

La propia casa de contratación de Sevilla, fundada en 1503, marcó la pauta en cuanto a técnicas e instrumentación para navegar. El involucramiento de la corona fue total y ya durante la primera parte del siglo se ofreció una pensión de 16 000 ducados en oro en renta perpetua, que quedaría sin reclamar, y tanto Felipe II como su hijo Felipe III prometerían

premios en 1567 y 1598, respectivamente. En el último caso, de 7000 ducados, incluyendo 1000 ducados para gastos, más una renta de anual de otros 2000 ducados.

Son numerosos los manuales de navegación que se publicaron en España y Portugal a lo largo de esa centuria, pero ninguno dio con una formula adecuada para determinar la posición con suficientes garantías. Sin embargo, dos de ellos serían de vital importancia en la navegación.

Pedro Nunes, también conocido como Petrus Nonius o Pedro Núñez, cosmógrafo mayor de Portugal y profesor en la universidad de Salamanca, publicó su «*Tratado da Sphera*» en 1537, demostrando que los rumbos que siguen una lectura fija del compas, y que por lo tanto tienen un ángulo constante con los meridianos, no representan las rutas más cortas, sino que describen curvas espirales asintóticas[5] que terminan en el polo. Y ello sin tener en cuenta el efecto de la declinación magnética, que complica aun más la navegación. De hecho, el derrotero más corto sigue el círculo máximo[6], aunque en un mapa plano aparezca como línea curva. Gerardus Mercator se percataría del efecto y se serviría de él para idear la conocida proyección cartográfica que lleva su nombre, que utilizaría por primera vez en su mapamundi de 1569.

Por otra parte, en 1551 aparecería el manual de Martín Cortés de Albacar «Breve compendio la sphera y de la arte de navegar», que se usó de manera extensiva en toda Europa. Después de ser traducido al inglés diez años después, se convirtió en el primer manual internacional de navegación, de muy amplia difusión, y contribuyó a que marinos de esa nacionalidad se pudieran enfrentar al imperio español. En él, se discute el fenómeno de la declinación magnética, que tanto confundió a Colón, quién descubrió la dependencia con la longitud, sin darse cuenta al parecer de ello, y el movimiento aparente de la estrella polar alrededor del verdadero polo.

■ FIGURA 60. CÓMO ENCONTRAR LA ESTRELLA POLARIS, APIANO, 1532. ILUSTRACIÓN DE «QUADRANS APIANI ASTRONOMICUS ET IAM RECENS INVENTUS ET NUNC PRIMUM EDITUS ...». SIN EMBARGO, POLARIS NO SE ENCUENTRA EXACTAMENTE EN LA POSICIÓN DEL POLO NORTE. CON PERMISO DEL REAL INSTITUTO Y OBSERVATORIO DE LA ARMADA (SIGNATURA 02688, B 4R).

Desde el punto de vista del desarrollo de la instrumentación, en el reinado de Felipe II se solicitaron relojes que marcaran exactamente veinticuatro horas y se propondrían numerosas soluciones, algunas peregrinas. Alonso de Santa Cruz, cosmógrafo que también llegó a manufacturar instrumentos para determinar la longitud, destacaría que se fabricaban con ruedas y pesas de acero, o de arena y agua; y algunos que usaban la fuerza del viento o incluso pábilos cuya llama se consumía en un día. Contribuyeron a este esfuerzo los reputados Andrés de San Martín, Pedro Sarmiento de Gamboa, Juan Alonso, y Martín de Rada, entre otros. Sería notoria la inventiva de Juan de Herrera, el archiconocido arquitecto de El Escorial, quien obtendría de Felipe II un cédula el 13 de diciembre de 1573 con el privilegio de fabricar un instrumento para determinar la longitud, y al año siguiente se estableció que se debía utilizar en la flota española de galeones. Infelizmente para él, no recibió ninguna recompensa económica por su esfuerzo, pese a la utilidad del artefacto, puesta de manifiesto en viajes intercontinentales. Bajo su dirección, se fundó en 1582 la Academia de Matemáticas, entre cuyas finalidades principales se encontraría la cosmografía.

5. En una esfera, la circunferencia que tiene el centro coincidente con aquella. La denominación genérica es geodésica.
6. Denominadas técnicamente curvas loxodrómicas.

Mejor suerte corrieron otros innovadores, en algún caso de manera oportunista, ya en el siglo XVII y durante el reinado de Felipe III, que sí recibieron financiación, aunque no la pensión prometida. Tal fueron los casos de las experiencias de Juan Arias de Loyola en 1603 y Luis de Fonseca Coutinho en 1609. Y no faltaron los estafadores, como Lorenzo Ferrer de Maldonado, conocido por haber simulado el descubrimiento del Paso del Noroeste, una ruta rápida entre el Atlántico y el Pacífico, quien presentó un método en 1615.

En mitad de una crisis política y financiera, con científicos sin recompensa y charlatanes homenajeados, que terminarían por desaparecer con cuantiosos caudales, el esfuerzo se difumina, el impulso innovador se perdería. Más de cuatro siglos después, no se puede decir que en España hayamos cambiado completamente.

Felipe IV inauguró en 1629 el Colegio Imperial, destinado a educar una élite burocrática, bajo la dirección de los jesuitas. Absorbería las actividades de la Academia de Matemáticas, pero en la práctica el envite ibérico en la búsqueda de la solución al problema de la longitud amainó. De hecho, la exploración del Pacífico ya había cesado al terminar la primera década del siglo. A partir de ese momento, la supremacía pasaría a otras manos.

■ FIGURA 61. PÁGINAS DE «SIDEREUS NUNCIUS», PUBLICADO EN 1610 POR GALILEO GALILEI. MUESTRAN LA ESTRUCTURA IRREGULAR DE LA LUNA, LAS NUEVAS ESTRELLAS VISIBLES EN LA CONSTELACIÓN DE LAS PLÉYADES, Y LOS NUEVOS SATÉLITES DE JÚPITER. CORTESÍA ETH-BIBLIOTHEK ZÜRICH, (RAR 4342: 1).

LA ALTERNATIVA DE LOS SATÉLITES JOVIANOS: GALILEO, CASSINI, LUIS XIV Y DOMINIOS MENGUANTES

El invento del telescopio a comienzos del siglo XVI y el uso que Galileo Galilei, entre otros, le dio, contribuyó al cambio completo del paradigma científico y a la interpretación del papel del hombre en el Universo. Galileo, con la publicación del «*Sidereus Nuncios*» (el mensajero sideral) en marzo de 1610, abrió una nueva etapa de descubrimientos astronómicos. Si los viajes de Colón y otros exploradores bajo las coronas de Portugal y Castilla abrieron un nuevo mundo, Galileo nos mostró un nuevo Cosmos: desde la multiplicidad de estrellas a las fases de Venus, pasando por las imperfecciones de las superficies de la Luna y el Sol.

Descubrió también Galileo cuatro objetos que orbitan alrededor de Júpiter. En 1612 dispuso ya de unas tablas que daban cuenta del movimiento de los mismos, y sabía que la periodicidad de cada uno de ellos es de unos pocos días. Conocedor de primera mano de la necesidad de medir el tiempo de manera exacta para múltiples menesteres, y sabedor del premio de Felipe III para quien hallase la manera de medir la longitud de manera precisa, se puso en contacto con la corte española ese mismo año mediante el embajador toscano, sin aparente éxito. Cuatro años después escribió directamente a la misma corte, con me-

diciones mucho más rigurosas. Esencialmente el método que propuso es el de Hiparcos 1800 años antes: eclipses observados de manera simultánea en dos puntos distintos. Sin embargo, la gran ventaja frente al método lunar es que los cuatro satélites jovianos presentan unos 100 eclipses cada año, ocultaciones al pasar por detrás del disco del planeta; y las tablas de Galileo permitían predecir cada uno con meses de antelación. Así, el astrónomo, físico y matemático pisano ofrecía un reloj preciso y la posibilidad de determinar la longitud de manera inequívoca, estableciendo la diferencia entre su hora local, calculada por la posición del Sol, y la de referencia, obtenida por el eclipse. Ese mismo año discutió el proyecto con el virrey de Nápoles, el Conde de Lemos, curiosamente a quien Miguel de Cervantes, conocedor de la existencia de los satélites jovianos a los que llamó «pequeñuelos Ganímedes» en su «Novelas Ejemplares», publicadas en 1613, dedicó este libro. Esto es, un año antes de que el astrónomo alemán Sidus Marius propusiera el nombre de Ganímedes, siguiendo la sugerencia de Johannes Kepler, para el más grande de los satélites.

Galileo también inició una correspondencia con el representante español en Roma y con el embajador toscano en la corte española, y llegó a escribir que estaría dispuesto a viajar a España y residir en Sevilla (recordemos que allí estaba situada la casa de la contratación) o en Lisboa (Portugal era parte de las posesiones de Felipe III) tanto tiempo como fuera necesario.

Por desgracia, desde un punto de vista práctico, dos problemas terminaron por impedir que Galileo se hiciera con la recompensa española: por una parte es muy difícil observar un eclipse de cualquiera de los satélites, dado su escaso brillo, desde una cubierta de un barco, especialmente si la mar no está completamente tranquila. En cualquier caso, la medida de la diferencia de tiempo entre el local y el de referencia requiere de un reloj de cierta fiabilidad durante varias horas, dado que el tiempo local se suele medir durante el mediodía (pero no únicamente) y que los satélites jovianos solo se pueden observar de noche y únicamente cuando Júpiter está por encima del horizonte, y por aquel entonces los relojes que estaban disponibles era de escasa precisión.

Galileo, siempre incansable, diseñó el «*jovilabio*» y el «*celatone*» o «*testiera*». El primero, basado en los astrolabios, incluía las tablas con los movimientos medios de cada satélite y dos círculos no concéntricos que permitían mostrar la posición relativa del Sol, la Tierra, Júpiter y un satélite, expresando las posiciones angulares. Por otra parte, el «*celatone*» era un instrumento con forma de casco con dos pequeños telescopios. Además, ideó un primitivo giróscopo: una silla flotando sobre agua o aceite, lo que evitaba la inestabilidad, que probaría con éxito en 1617. Intentó también aplicar su descubrimiento sobre la periodicidad de los péndulos para la medida del tiempo, pero esta idea solo sería practicable décadas después.

La propuesta se discutiría en el Consejo, en España. Los informes serían favorables, pero Felipe III, probablemente escarmentado por la avalancha de métodos e inventos que llegaban a la corte y por los oportunistas que demandaban dineros, no se terminó de convencer de la conveniencia de financiar los experimentos. A mitad de 1618 las negociaciones se detuvieron, para ser retomadas sin éxito en 1620, 1629 y 1632, un año antes de su condena por la Inquisición romana. Tampoco tuvieron buen fin los intentos por parte de la marina toscana: la falta de estabilidad del observador no pudo ser resuelta.

■ FIGURA 62. A MEDIADOS DEL SIGLO XVII SOLO UNAS CUANTAS LOCALIDADES ESTABAN SITUADAS DE MANERA «PRECISA» EN EL GLOBO TERRESTRE. ILUSTRACIÓN EXTRAÍDA DE «PARALLELA GEOGRAPHIAE VETERIS ET NOVAE», PHILIPPE BRIET, 1648. CON PERMISO DE REAL INSTITUTO Y OBSERVATORIO DE LA ARMADA (SIGNATURA 06553-06555, 40).

La última oportunidad vino desde las Provincias Unidas, cuyo soberano nominal era Felipe III pero quien reconoció de manera implícita su independencia en 1609. En 1636 los Estados Generales de los Países Bajos, su poder legislativo, ofreció una recompensa de 30 000 escudos a quien fuera capaz de inventar un método seguro para determinar la longitud en la mar. Elia Diodati, amigo de Galileo en París, hizo de intermediario, y se intercambiaron un gran número de cartas con detalles exhaustivos. Los Estados Generales homenajearon a Galileo ofreciéndole una cadena de oro y se nombró una comisión liderada por el astrónomo y matemático Martinus Hortensius, que debía visitar a Galileo en Italia, al encontrarse bajo arresto domiciliario. Pero la Inquisición descubrió el proyecto y Galileo escribió en agosto de 1638 a Diodati para que se abortase el viaje.

Sin embargo, cartas oficiales y la cadena de oro llegaron a manos de Galileo a través de los hermanos Ebers, comerciantes holandeses. Para entonces él estaba completamente ciego y se sentía demasiado débil para continuar el estudio y en un gesto que le honra, rechazó la cadena al no poder cumplir su parte del trato. Sin embargo, confió todos sus cálculos a su antiguo estudiante el padre Renieri, para su revisión y envío a los Países Bajos. Fatalmente, los cuatro miembros de la comisión morirían en un corto intervalo, incluyendo a Hortensius, el primer científico moderno que mide los tamaños angulares de los planetas (Hiparcos lo hizo diecisiete siglos antes), cuyo deceso ocurrió al año siguiente. Después de un hiato de dos años, Christiaan Huygens fue encomendado por los Estados Generales de Holanda en 1641 para proseguir las gestiones, pero Galileo fallecería el 8 de enero de 1642 y el proyecto no se llegaría a concretar. Renieri murió en 1647 sin llegar a poder publicar los papeles que recibió de Galileo, que desaparecerían hasta mediados del siglo XIX.

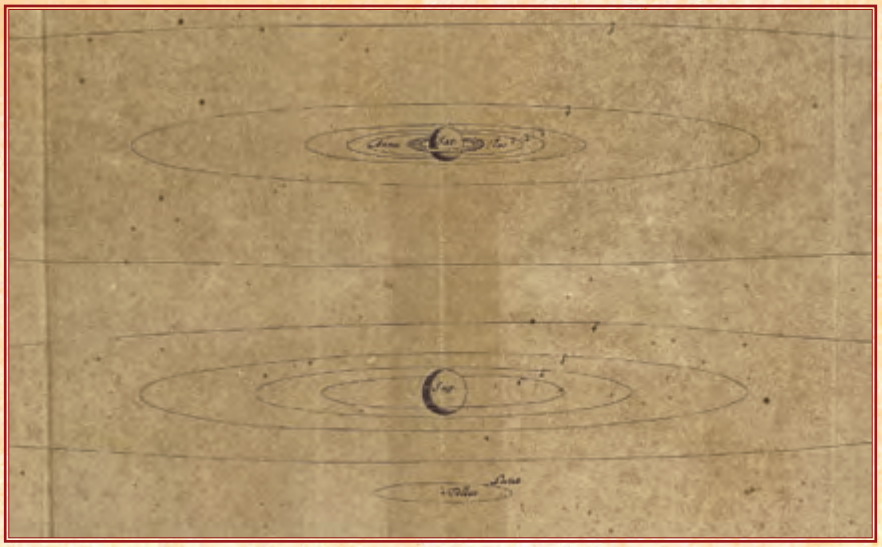
■ FIGURA 63. EL REY LUIS XIV EN LA ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES, 1671. GRABADO INCLUIDO EN «MESURE DE LA TERRE», DE JEAN-FÉLIX PICARD. CORTESÍA DE LA BIBLIOTHÈQUE NACIONALE DE FRANCE (RÉS. S-2).

El relevo fue retomado por la potencia hegemónica a partir de la segunda mitad del siglo XVII, Francia, liderada por el Rey Sol, Luis XIV, y su ministro Jean-Baptiste Colbert. Decididos a imponer los intereses de Francia y convencidos del rol que juega la ciencia, se fundó la Academia Real de Ciencias en 1666 y el observatorio de Paris en 1671, que tenía como objetivo el resolver el problema de la longitud. Colvert invitó a un número considerable de científicos europeos, entre los que destacan Christiaan Huygens, Ole Christensen Rømer y Giovanni Domenico Cassini, creando la que posiblemente sea la primera institución moderna paneuropea, y proveyó de fondos de manera generosa a la institución para la compra de instrumentación, principalmente italiana, la de mejor calidad por aquel tiempo.

Huygens llegó a París en 1666, en donde permanecerá hasta 1681. Junto con Jean-Félix Picard, Adrian Auzout y Jacques Buot, comenzó las observaciones astronómicas en enero de 1667, mediante el uso de un gran cuadrante, un inmenso sextante y una sofisticada versión de un reloj solar. Después de examinar las posibles vías para determinar el valor lineal del grado de longitud (la posición de la Luna respecto las estrellas y al Sol, su paso por el meridiano, sus eclipses), concluyeron en 1676 que el método de Galileo era el más adecuado, sobre todo después de la publicación, por parte de Cassini, de «*Ephemerides Bononienses Mediceorum syderum*» en 1668, las efemérides de los cuatro satélites. Cassini descubrió que

estos objetos orbitan cerca del ecuador del planeta, y que este tiene estructuras superficiales que le permitían estimar de manera correcta su periodo de rotación, mediante el uso de relojes de péndulo. Junto con el inglés Robert Hooke, descubrió la Gran Mancha Roja sobre el año 1665. Esta inmensa estructura, un vórtice anticiclónico de tamaño dos veces superior a nuestro planeta, sigue fascinándonos más de tres centurias después.

La actividad de Cassini, que arribó a Francia en 1669, fue incesante. Inició el cartografiado de los dominios de Luis XIV, el primero de cualquier país, mediante la técnica de triangulación. El Rey Sol, impresionado, llegó a afirmar que, debido a la cartografía y a las nuevas medidas, perdía más terrenos a manos de los astrónomos que de sus enemigos. Seguía así, como en otros casos, la estela de Carlos V con la reducción del tamaño de España por Orentius Finaeus 138 años antes. En cualquier caso Cassini, conocedor del trabajo de Galileo, continuó los estudios de los satélites de Júpiter y publicó nuevas tablas de gran precisión en 1680.



■ FIGURA 64. EL SISTEMA TIERRA-LUNA COMPARADO CON JÚPITER Y SATURNO, SEGÚN HUYGENS EN 1698. TAMBIÉN SE INCLUYEN LAS SUS RESPECTIVAS COHORTES DE SATÉLITES, EN UNA ILUSTRACIÓN DE «COSMOSTHEODOROS». CON PERMISO DEL REAL INSTITUTO Y OBSERVATORIO DE LA ARMADA (SIGNATURA 02117).

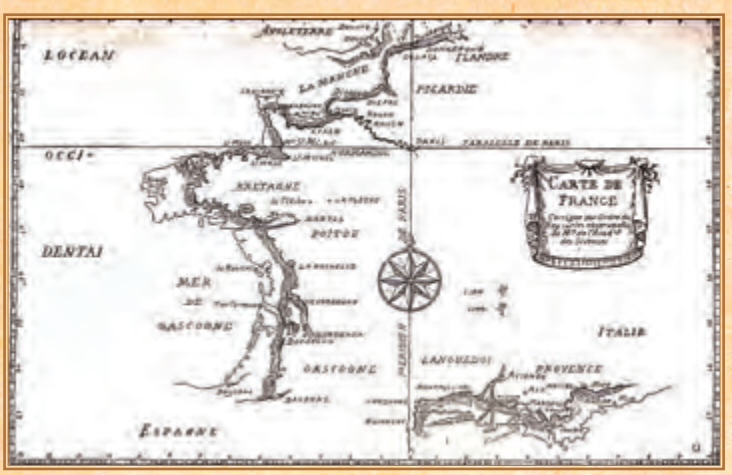
Cassini inició una colaboración científica paneuropea para la determinación de las localizaciones de numerosas ciudades en el continente. Fruto de la misma fue la creación de un planisferio de proyección polar, en el que se localizaron estos puntos de manera precisa. El punto de referencia para las latitudes fue el ecuador, y el meridiano cero, para las longitudes, se localizó en la isla de Hierro, que tendrá una preeminencia en la Europa continental hasta finales del siglo XIX, cuando sería derrotada por el meridiano de Greenwich en 1884.

Las campañas geodésicas con el método joviano se sucedieron: Jean Richer viajó a Cayena, en la Guayana francesa, en donde observó una oposición de Marte; Jean-Mathieu de Chazel a Egipto, y Edmund Halley a Cabo de Buena Esperanza, en la punta austral de África. Varias determinaciones en Tailandia (Siam), Madagascar y China fueron realizadas por misioneros jesuitas. Y estas mediciones se complementaron con otras por el antiguo método de Hiparcos, ya que Melchisédech Thévenot realizó observaciones de eclipse de Luna en Goa, en la India.

Una de las misiones más significativas fue la que realizó la determinación de la longitud de América, o más concretamente las posiciones exactas de las Indias Occidentales (las islas de Guadalupe y La Martinica) y la del punto de partida en la isla de Goree, en Cabo Verde. Cassini proporcionó unas instrucciones extraordinariamente detalladas y los ingenieros Varin y des Hayes partieron a finales de 1681. Cuando regresaron en marzo de 1683, lo hicieron con un verdadero botín de conocimientos. Curiosamente, Isaac Newton, también implicado en la resolución del problema de la longitud, no fue partidario de esta metodología.

La observación sistemática de los satélites de Júpiter proporcionaron otro premio, no buscado, en un caso clásico de serendipia o descubrimiento casual: la determinación de la velocidad de la luz. Ya Cassini había observado anomalías en sus propias observaciones de los eclipses, durante las campañas entre 1666 y 1668, e inicialmente las atribuyó a la velocidad finita de la luz, aunque no desarrolló la explicación y de hecho se opondría a la misma años más tarde. Rømer, que colaboró con Picard y Cassini en la evaluación de la longitud de Uraniborg, el viejo observatorio de Tycho Brahe en Dinamarca, sería invitado a sumar-

se al grupo de París, en donde permanecería hasta 1681. Tomó medidas junto con Picard, analizó los datos del satélite más próximo, Io, y en 1676 anunció a la academia de ciencias este descubrimiento. Diferentes científicos en Europa tomaron partido por la interpretación de Rømer o por las objeciones de Cassini. No sería hasta 1729 cuando el problema se resuelve, con el descubrimiento de la aberración de la luz por parte de James Bradley. Este fenómeno consiste en el desplazamiento aparente de las posiciones de las estrellas, con una periodicidad de un año, debido a la combinación de las velocidades de La Tierra al orbitar alrededor del Sol y de la luz. Curiosamente, además de Cassini, Picard lo había detectado en 1671 pero no había dado con la explicación adecuada. La aberración de la luz era la prueba que Galileo buscó para demostrar desde la lógica aristotélica, la metodología científica de su tiempo, la teoría copernicana, pero para él llegó con un siglo de retraso.



■ FIGURA 65. LA MEDIDA DE LA LONGITUD DEL MERIDIANO, REALIZADA POR JEAN-FÉLIX PICARD EN 1671. TAMBIÉN SE PUEDE APRECIAR EL CAMBIO DE LAS DIMENSIONES DE FRANCIA AL REALIZAR EL CARTOGRAFIADO DE LA NACIÓN, LO QUE PROVOCARÍA QUE LUIS XIV EXCLAMASE QUE PERDÍA MÁS TERRITORIO A MANOS DE LOS ASTRÓNOMOS QUE EN GUERRAS CONTRA SUS VECINOS. CARLOS V SE ENCONTRÓ CON UNA SITUACIÓN ANÁLOGA CON LA PUBLICACIÓN DEL MAPAMUNDI DE ORENTIUS FINAEUS EN 1531.

LA EXPLORACIÓN DEL COSMOS Y LOS AVANCES MATEMÁTICOS: LA LUNA RECOBRA PROTAGONISMO

La Academia de ciencias, el observatorio de París, el equipo reunido por Colbert y su apoyo político y económico, y la interacción con otros científicos europeos creó un ambiente excelente para la generación de unos avances extraordinarios. Antes de su llegada a París en 1666, Huygens había identificado en 1655 la naturaleza de los anillos de Saturno, ya avistados por Galileo, que los confundió con estructuras circularas localizadas a ambos lados del planeta que variaban de tamaño, y descubierto su primer satélite, posteriormente bautizado como Titán. También identificó detalles superficiales en Marte, pero fue Cassini quien publicó primero un mapa del planeta rojo. El astrónomo italiano también dirigió su telescopio a Saturno, determinando su periodo de rotación y añadiendo otros cuatro objetos a la cohorte de este planeta: uno en 1671, otro un año más tarde y dos más en 1684. Huygens también observó un tránsito de Venus sobre el disco del Sol en 1661, que había sido predicho por Johannes Kepler en 1631. Una confirmación más de la validez de la teoría heliocéntrica de Copérnico (o como poco, de la cosmología de Brahe) y una vindicación de los trabajos de Galileo por los que sufrió tantas penurias.

■ FIGURA 66. LA LUNA EN UNA REPRESENTACIÓN DE 1665 DE GIOVANNI BATTISTA RICCIOLI . SE NOMBRAN LAS DISTINTAS CARACTERÍSTICAS LUNARES Y TAMBIÉN APARECE LA PARTE DEL HEMISFERIO OPUESTO DE LA LUNA QUE ES VISIBLE DEBIDO AL FENÓMENO DE LA LIBRACIÓN, DE UNA ILUSTRACIÓN DE EN «ASTRONOMIAE REFORMATAE». CON PERMISO DEL REAL INSTITUTO Y OBSERVATORIO DE LA ARMADA (SIGNATURA 01862).

En 1669 la academia francesa encargó a Picard la determinación rigurosa del tamaño de la Tierra. Se realizó por el método de la triangulación, ya propuesto, como no, por Eratóstenes dieciocho siglos

antes. Dos años más tarde se publicó «*Mesure de la Terre*», en donde se proporciona un valor extraordinariamente preciso. Este método, junto al joviano, permite el desarrollo de una cartografía mucho más exacta. La Astronomía se convirtió, pues, en una ciencia eminentemente aplicada, de alto valor geopolítico y económico.

El propio tamaño del Sistema Solar se volvió determinable a partir del viaje de Richer a Cayena en 1672, quien, junto a Cassini que permaneció en Francia, calculó la paralaje de Marte y de ahí su distancia a nuestro planeta. Cassini explicó en 1683 el origen de la luz zodiacal, producida por partículas de polvo que se concentran en la Eclíptica, el plano en el que orbitan los planetas, y detectó la rotación diferencial de Júpiter aproximadamente en 1690.

Pero esta revolución no solo se circunscribió a Francia. En el Reino Unido se fundó, también por iniciativa real, el observatorio de Greenwich en 1675, cuya finalidad también fue resolver el problema de la longitud. La *Royal Society* había sido inaugurada quince años antes.

John Flamsteed, primer director del observatorio de Greenwich, realizó numerosas contribuciones, una de las cuales será determinante para la resolución del problema de longitud desde el punto de vista astronómico: sus observaciones de numerosas estrellas y su atlas estelar, publicados póstumamente en 1725 y 1729, describen el primer catálogo estelar de gran precisión realizado desde el advenimiento del telescopio, que se venía usando desde 1610. Entre otros trabajos de Flamsteed se encuentran los cálculos precisos de los eclipses solares de 1666 y 1668 y la afirmación de que los cometas también orbitan alrededor del Sol, en 1681, a partir de observaciones realizadas en noviembre y diciembre de uno que pasó junto al Sol. Avistamientos que Newton, entre otros, había considerado como correspondientes objetos distintos.

Prácticamente coetáneo de Flamsteed, Edmund Halley observó desde Santa Helena un tránsito de Mercurio en 1677 sobre el disco solar. En 1716 publicó un artículo en el que afirmaba que esta técnica, aplicada a Venus, podía ser utilizada para medir de manera precisa la distancia Tierra-Sol, y con ella proporcionar la estructura del Sistema Solar, y pidió a la *Royal Society* en 1716 que se observasen los siguientes tránsitos de Venus en 1761 y 1769. Sin embargo, falló en dar el debido crédito a James Gregory, inventor del tipo de telescopio que el propio Halley usaba, quien en 1663 había propuesto la misma metodología. Pero tampoco fue el primero, Aristarco ya planteó este problema y la solución usando la Luna como punto de referencia en el siglo III antes de nuestra era.

Halley fue casi tan responsable como Isaac Newton de la publicación en 1689 por parte de este de «*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*», en donde entre otras cuestiones, aparecería la archiconocida teoría de la gravedad. Su papel incluye tanto financiación como insistencia en que el manuscrito no fuera mutilado. En 1705 publicó «*Astronomiae Cometicae Synopsis*», en donde aplicó la teoría de Newton para reconstruir los datos de las apariciones de cometas hasta el año 1300, y se percató de que los avistamientos de 1531, 1607 y 1682 podían corresponder al mismo objeto, prediciendo su regreso en 1758, como así aconteció, confirmándose así que los cometas son parte de la familia de astros que orbita alrededor del Sol, y proporcionando otro éxito de la astronomía predictiva basada en un universo heliocéntrico y en los trabajos de Copérnico, Galileo, Kepler y Newton. También descubrió el movimiento propio de las estrellas en 1718, verificando el desplazamiento de tres, lo que hubiera podido haber sido un obstáculo para el uso del método lunar, de no ser porque las distancias angulares recorridas no varían de manera apreciable en lapsos temporales de pocos años. También afirmó que la Luna gira cada vez más deprisa, aunque en realidad es la Tierra la que se decelera.

En 1719, tras la muerte de Flamsteed, Halley le sucedió en su puesto como astrónomo real. Se embarcó entonces en una titánica tarea, dados sus 64 años: la observación detallada del

movimiento de la Luna, continuando el trabajo de aquel, durante una revolución completa de sus nodos, que es la línea imaginaria resultado de la intersección del plano de su órbita con la eclíptica, con una periodicidad de casi veinte años (223 meses). Estas observaciones serían de gran importancia para la determinación puramente astronómica de la longitud aunque él no tendría éxito: trató de usar las ocultaciones de las estrellas por la Luna como reloj y poder determinar la longitud, pero el escaso número de estrellas lo suficientemente brillantes y la necesidad de posiciones muy precisas frustraría el intento. También lo intentaría con las aproximaciones máximas o «*appulses*», con igual resultado.

James Bradley, quien sucedió a Halley, midió el diámetro de Venus en 1722 y descubrió en 1728 la nutación del eje de rotación de la Tierra (oscilación alrededor de la precesión, descubierta a su vez por Hiparcos en el siglo II antes de nuestra era o quizás por Aristarco un siglo antes), lo que contribuyó a mejorar la determinación de las posiciones estelares. Al igual que su predecesor, esperaría veinte años para poder hacer uso de datos adquiridos durante una revolución completa de los nodos lunares antes de publicar el resultado en 1748. Lo que es más importante, en el año 1726, junto con Samuel Molyneux, encontró, intentando mediar de manera infructuosa la paralaje de la estrella gamma Draconis y de ahí su distancia, un enigmático fenómeno que no consiguieron entender. Tres años más tarde, fallecido Molyneux, lo interpretaría correctamente. Se trata de lo que para Galileo hubiera sido su santo grial: la primera prueba directa de que la Tierra se mueve. Sencillamente, se trata de la aberración anual de la luz. En el proceso, también Bradley proporcionó una medida muy precisa de la velocidad de la luz.

En Francia, mientras tanto, continuaron con las campañas geodésicas para mejorar la estimación del tamaño del planeta. Jacques Cassini, hijo de Giovanni Domenico Cassini, y su sucesor en el observatorio de París, midió el arco de meridiano desde Dunquerque hasta Perpiñan («*Traité de la grandeur et de la figure de la terre*», 1720) y años más tarde publicó un método para determinar su esfericidad («*Méthode de déterminer si la terre est sphérique ou non*», 1738), que sigue la estela del tratado de Pierre-Louis Moreau de Maupertuis «*Discours sur les différentes figures des astres avec une exposition des systèmes de MM. Descartes y Newton*» (1732). En ese momento se discutía si la Tierra es oblata o prolata (achatada o alargada en los polos), que evidenciaría la validez de la teoría gravitatoria de Newton o de vórtices de René Descartes. Así, la Academia francesa decidió enviar expediciones a lugares con diferentes latitudes: cerca del círculo polar y al Ecuador.

En 1736, Maupertuis, acompañado por Alexis Claude Clairaut y por Pierre Charles Le Monnier, volvieron a medir el arco de meridiano, esta vez en una misión a Laponia que se caracterizó por su bonhomía, y proporcionaron una primera confirmación de que la Tierra está achatada en los polos, tal y como habían señalado Huygens y Newton, opuestos en este asunto a Cassini. Le Monnier repitió al año siguiente las medidas de Picard de 1669 en el mismo arco de meridiano, en las proximidades de París, con resultados semejantes a este.

La tercera expedición, con destino al Ecuador, se inició en 1735. A diferencia de la de Maupertuis, se encontró con numerosos problemas, entre ellos la mala relación personal entre algunos de sus miembros. Nominalmente liderada por Louis Godin, incluyó a Charles de La Condamine y a Pierre Bouguer. El acuerdo con España para su ejecución en tierras de su imperio implicó que se incorporasen a la misma Jorge Juan y Santacilia, y Antonio de Ulloa y de la Torre-Giralt. Más tarde, ya en Guayaquil, lo haría el criollo Pedro Vicente Maldonado. La expedición terminó dividiéndose y los resultados se publicaron años más tarde y por separado: Jorge Juan en 1748 con «*Observaciones astronómicas y físicas hechas en los Reinos del Perú*», Bouger, dando crédito a La Condamine, en «*La Figure de la terre*» de 1749, y Godin, tres años después, con «*Observations astronomiques au Perou*». De hecho, Godin fue el más desafortunado de todos, ya que permaneció más tiempo en Perú y solo regresó a Europa en 1751, para encontrar que había sido olvidado, su fortuna se había perdi-

do en especulaciones al igual que su puesto en París. Aunque afortunadamente para él, pudo encontrar empleo en Cádiz como director de la academia de guardiamarinas, y sería ennoblecido por Fernando VI. Su malhadada historia se repetirá más tarde, aumentada, con Guillaume Le Gentil de la Galaisiére, en su viaje a la India para observar el tránsito de Venus de 1761. Le Gentil también sería salvado por España, es su caso por un buque que le recoge de la isla Reunión para regresar a Francia once años después de su partida.

■ FIGURA 67. ILUSTRACIÓN DE «LA FIGURE DE LA TERRE», PUBLICADO EN 1749 POR BOUGUER Y LA CONDOMINE. MUESTRA LAS MEDIDAS REALIZADAS EN PERÚ PARA DETERMINAR EL GRADO DE LONGITUD. CORTESÍA ETH-BIBLIOTHEK ZÜRICH (RAR 4041).

Unos pocos años más tarde, en el bienio 1750-1752, otra misión francesa a cargo de Nicolas-Louis de Lacaille, midió la longitud del arco de meridano en el hemisferio austral y sugirió que el Polo Sur se encuentra más achatado que el Norte. Durante esos dos años catalogó 10 000 estrellas de ese hemisferio y, junto a Jerôme Lalande desde Francia, midió la paralaje de la Luna y el Sol usando Marte como referencia.

A partir de 1745 Clairaut trabajó en el problema de los tres cuerpos, aplicando sus métodos al movimiento lunar y afirmó que la teoría de la gravitación de Newton necesitaba una corrección. Sin embargo, con observaciones ulteriores se retractaría y confirmaría la formulación de Newton. En 1752 publicó «*Théorie de la lune*» y dos años más tarde sus tablas de posición. También aplicó la teoría newtoniana para realizar una predicción bastante precisa del regreso del cometa Halley, y se llegó a proponer su nombre, Clairaut, para denominarlo. Por parte de Maupertuis, su «*Astronomie nautique*» apareció en 1745 y 1746, con una segunda edición en 1751, que planteó veintidós problemas específicos de astronomía aplicada a la navegación.

Durante esas décadas se produjo una innovación tecnológica que facilitaría la navegación: el octante. Apareció en 1731, inventado de manera independiente por John Hadley y Thomas Godfrey, y sirve tanto para la determinación de la latitud como de la longitud, debido al inteligente uso de un espejo. La adición de un telescopio en 1757 por parte de John Bird generó el sextante náutico, aun más preciso y que hoy en día sigue en uso, incluso en buques de guerra.

Los adelantos matemáticos también serían significativos. Desde Leonhard Euler hasta Jean d'Alembert, pasando por los trabajos de algunos astrónomos-físicos mencionados, las nuevas herramientas permitirían cálculos mucho más detallados y precisos.

Francia y el Reino Unido no eran los únicos países en los que se investigaba el problema de la posición. La sociedad de científicos de Berlín-Brandenburgo, fundada en 1700 y presidida inicialmente por Gottfried Wilhelm von Leibniz, inició un programa para atraer figuras reputadas a partir del reinado de Federico II de Prusia. Maupertuis, Euler, Johan Bernoulli, Johann Heinrich Lambert, y Joseph-Louis Lagrange, entre otros, responderían a la llamada, convirtiendo a la academia prusiana en un activo centro de conocimiento, sobre todo en matemáticas y su aplicación práctica a la astronomía. Pero no sería el único lugar en tierras germanas.

A mediados del siglo XVIII solo había 139 lugares en la Tierra cuya posición, tanto en longitud como en latitud, había sido determinada de manera precisa, basada en métodos astronómicos. Un ejemplo lo proporciona la ciudad de Lisboa, cuya posición fue calculada de manera precisa por James Bradley en 1726. Uno de los cartógrafos más reputados por aquel entonces era Tobias Mayer, que jugaría un papel fundamental en la resolución del problema de la longitud.

Mayer, de familia pobre y cuya formación se inició fuera de los circuitos académicos convenciones, se interesó por la Luna a partir de 1747 debido a la cartografía. Fue la primera persona que usó coordenadas selenográficas y determinó que no tiene atmósfera. La mejora de la teoría lunar siguió su progresión con el estudio publicado en 1750 sobre la libración. Esta consiste en un ligero bamboleo aparente visto desde la Tierra que permite observar algo más de la mitad de la Luna, movimiento que es debido a la reducida excentricidad de su órbita, al pequeño ángulo que forma esta con su eje de rotación y a la diferente perspectiva de un observador según la propia Tierra gira sobre si misma. A partir del inicio de su correspondencia con Euler en 1751, comenzó un programa de mediciones de las posiciones del Sol y de la Luna que le permitió estimar de manera precisa, con una incertidumbre de solo 90 segundos de arco, la posición de nuestro satélite a partir de trece ecuaciones, y publicó tablas precisas en 1753, mucho mejores que las de Euler y de Clairaut publicadas el año anterior. Ese mismo año aplicó su teoría lunar a la navegación y publicó los resultados en «*Tabularium lunarium in Commentt. S.R. Tom. II contentarum usus in investiganda longitudine maris*», que apareció en 1754. Posteriormente redujo los errores hasta un minuto de arco e inventó el círculo de reflexión. En 1755 envió un memorial al Almirantazgo británico y al año siguiente Bradley confirmó que era adecuado para una precisa navegación marina. Años después José Mendoza y Ríos, quien publicaría su «Tratado de Navegación» en 1787, lo mejoraría de manera notable.

Las contribuciones de Mayer, a pesar de su corta vida pues falleció a los 39 años, no terminan ahí. En 1757 publicó un procedimiento para determinar las efemérides de los eclipses desde cualquier lugar del planeta y tres años más tarde proporcionó información sobre el movimiento propio de varias estrellas y especuló que el Sol también viaja a través de las estrellas, sugerencia que sería retomada y verificada por William Herschel.

Todos estos avances tanto desde el punto de vista astronómico como matemático y técnico implicaron que a partir de la década de 1750 el método lunar empezase a ser practicable. Su validez se comprobó durante la campaña internacional para la observación del tránsito de Venus y la medida de la distancia Tierra-Sol, en 1761, evento predicho por Halley. Nevil Maskelyne, que en 1760 publicó una propuesta para determinar la paralaje de la estrella Sirio, la más brillante del cielo, viajó a Santa Helena y utilizó las tablas lunares de Mayer, validando su metodología. De regreso al Reino Unido y ya nombrado astrónomo real (el quinto, después del breve paso de Nathaniel Bliss), comenzó la publicación de las tablas lunares. Los almanaques marítimos de Maskelyne se empezaron a imprimir en 1766 (para el año siguiente), convirtiendo al meridiano de Greenwich en la referencia, frente al correspondiente a las Islas Afortunadas (seleccionadas inicialmente por Ptolomeo y en uso hasta finales del siglo XIX) u otros observatorios. Se declaró como oficial en 1884, en la reunión de Washington.

La corona española fundó en 1753, bajo el reinado de Fernando VI, a instancias de Jorge Juan, un observatorio en la sede de la academia de guardiamarinas, en Cádiz, en donde Godin era director después de su regreso de la expedición al Ecuador. Sus principales objetivos fueron la enseñanza de las técnicas de navegación astronómicas a los oficiales de la flota, la medida de la hora y la resolución del problema de la longitud. Más tarde se transfirió a San Fernando. En 1790 se fundó el Real Observatorio de Madrid, actualmente Observatorio Astronómico Nacional. Ambos siguen publicando efemérides astronómicas, y en el caso del Real Observatorio de San Fernando, un almanaque náutico, aun en uso.

TRAS LA QUIMERA: DESDE LA BRÚJULA HASTA LOS METEOROS

El primer viaje de Cristóbal Colón a través del Atlántico es el ejemplo arquetípico de serendipia. No solo se descubrió un continente entero debido a sus cálculos erróneos del tamaño del planeta; en su diario de viajes proporciona numerosos detalles sobre corrientes y vientos. Además, Colón apuntó que la estrella Polar no está localizada exactamente en el Polo Norte geográfico, ya que se desplaza ligeramente en torno a él de manera aparente, y, estudiando este fenómeno, probablemente se percató de que la declinación magnética, o ángulo entre el polo verdadero y la dirección de la brújula, depende de la longitud. Este fenómeno sería descrito por otros navegantes en diferentes partes del globo: Fernando de Magallanes treinta años después en la travesía del Pacífico y, ya en el siglo XVII, Abel Tasman durante su viaje a Australia, Nueva Zelanda y a algunas islas del Pacífico.

Y DEL TIEMPO. LIB. V. 163

DESCRIPCION QVE CONTIENE

DE LA VRSA MENOR LLAMADA

■ FIGURA 68. LAS ESTRELLAS DE LA CONSTELACIÓN DE LA OSA MENOR, SEGÚN GIOVANNI PAOLO GALLUCCI EN 1617. FUE REALIZADA PARA «THEATRO Y DESCRIPCIÓN UNIVERSAL DEL MUNDO» VARIOS AÑOS DESPUÉS DEL PRIMER USO DEL TELESCOPIO CON FINES ASTRONÓMICOS. CON PERMISO DEL REAL INSTITUTO Y OBSERVATORIO DE LA ARMADA (SIGNATURA: 01873, 263R Y 263V).

Halley, dos siglos después de los viajes del almirante de la mar océana, estudió en detalle el fenómeno del magnetismo terrestre, tomó sus propias observaciones de la declinación magnética y compiló los datos de otros estudios. Advocó una dependencia de este fenómeno en la posición, tanto la latitud como la longitud. Dado que la primera es siempre fácil de determinar, propuso un método alternativo para determinar la última basado en el magnetismo. Penosamente, a este le faltaba una característica esencial: la estabilidad. La declinación magnética, además de tener una componente local que modifica la lectura de un compás, cambia con el tiempo, como ya Henry Gellibrand, quien también contribuyó notablemente al desarrollo de la búsqueda de la longitud, había indicado en 1635, en el trabajo «*A discourse mathematical of the variation of the magneticall needle together with its admirable diminution lately discovered*».

Otros métodos sugeridos para determinar la longitud van desde los curiosos hasta los peregrinos, pasando por algunos que se nos antojan ahora como ridículos, aunque en algunos casos extraordinariamente beneficiosos para algunos. Luis XIV, medio siglo después de que algunos aventureros intentasen estafar a Felipe III en España, llegó a pagar 60 000 libras en 1667 por el diseño de un odómetro colocado en la quilla de un buque. El invento resultó decepcionante cuando fue evaluado por un comité real, en el que se encontraban Colvert, Huygen, Picard y Abraham Duquesne, teniente general de las fuerzas navales francesas, entre otros. Un fiasco salvo para el inventor, que salió notablemente enriquecido.

Las ideas «brillantes» fluyeron de manera incesante. En las Islas británicas, se sugirió en 1687 el desbordamiento de un recipiente relleno de agua hasta el borde para detectar la Luna llena, en una marea circunscrita al recipiente. Ese mismo año, Kenelm Digby, ba-

sándose en las supuestas sanaciones efectuadas con la propuesta de Rudolf Goclenius «el joven» sobre las curaciones por simpatía, en donde el remedio se aplicaba al arma que había realizado una herida, apuntó que era la solución para la determinación de la longitud. Bastaría que cada buque llevase un perro herido a bordo y que en el puerto de origen permaneciese un vendaje del animal, que se sazonase del «polvo de la simpatía», un producto del propio Digby, a horas prefijadas, para que el can saltase y de esta manera se determinase la diferencia horaria entre la posición y la de referencia, y con ésta la longitud. No es necesario ningún comentario.

Más serio, aunque impracticable, fue el memorial enviado al Parlamento británico (después de la unión de las cámaras de Inglaterra y Escocia en 1707) en 1714 por Humphrey Ditton y William Whiston. Propusieron anclar barcos con faros a intervalos regulares en las principales vías marítimas, que dispararían luminarias a horas determinadas. La distancia a cada faro sería determinada por la diferencia entre el avistamiento visual y el sonoro. Ingenioso, pero rechazado sin contemplaciones.

Para terminar con esta muestra de metodologías y ingenio, citaremos la de George Lynn y sus meteoros, descrita en los «*Philosophical transactions*» de la *Royal Society* en una carta de 1727. Dado que poco tiempo antes Halley había determinado que los meteoros se desplazan a gran altura, propuso la detección simultánea de los mismos para marcar el tiempo a grandes distancias. Sin embargo, solo se puede usar a posteriori y como escribió el mismo Lynn, «*pero estas especulaciones las dejo, señores, para su mejor juicio, tanto para su mejora, de merecerlo, o de no ser así, ser completamente ignorada, y en cualquier caso permanecer*». Todo queda dicho...

■ FIGURA 69. MAPAMUNDI QUE MUESTRA LA DECLINACIÓN MAGNÉTICA PARA CADA PUNTO, SEGÚN HALLEY EN 1702. TENÍA COMO OBJETIVO LA DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD Y FUE PUBLICADO EN «NOVA ET ACCURATISSIMA TOTIUS TERRARIUM ORBIS TABULA NAUTICA VARIATIONUM MAGNETICUM INDEX JUSTA OBSERVATIONS ANNO 1700 HABITAS CONSTRUCTA». CORTESÍA DE LA BIBLIOTHÈQUE NATIONALE DE FRANCE (GE AA1333 RES).

EL DOMINIO DE LA TECNOLOGÍA Y UN MUNDO POR EXPLORAR: RELOJES DE PÉNDULO Y CRONÓMETROS MARINOS

El cielo y sus elementos nos han proporcionado las primeras medidas del tiempo, tanto en escalas temporales muy cortas, con la posición del astro rey o de las estrellas en sus recorridos diurnos y nocturnos, como durante el transcurso de las estaciones, mediante la dependencia de los puntos de orto y ocaso del Sol dependiendo de la fecha, su equivalencia en el caso de las estrellas, o la visibilidad de las mismas. Pero todos estos sistemas adolecen de falta de precisión, y no son adecuados para la determinación de la longitud, sobre todo en ausencia de instrumentación fiable. Esta mejora notablemente en el siglo XVIII, pero la solución óptima vendrá de otros lares: la medida del tiempo con mecanismos mecánicos.

Las clepsidras o relojes de agua datan desde antes del siglo XIV antes de nuestra era y se han encontrado piezas de esa época en el Egipto faraónico. En origen eran vasijas perfo-

radas y rellenadas de agua que se vaciaban lentamente, pero en la época helenística se perfeccionaron y Ctesibio de Alejandría en el siglo III antes de nuestra era produjo un ingenioso modelo mecánico. Mucho después, al menos en el siglo XI, aparecieron los primeros relojes mecánicos en Europa, que señalaban las horas. El minutero no aparecería hasta la segunda mitad del siglo XIV, con una primera referencia en 1475. En cualquier caso, de precisión notablemente insuficiente para la determinación de la posición.

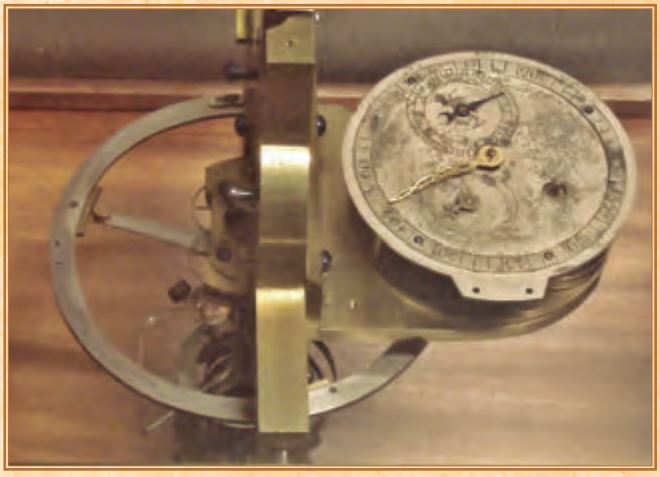
En el siglo XIV se comenzó a utilizar relojes de arena, o ampolletas, para las singladuras marítimas, para medir los lapsos temporales en el método de la navegación por estima, que proporciona grandes incertidumbres en la posición. El primer reloj realmente útil para la náutica, basado en el movimiento de las estrellas, es el «*sphaera horarum noctis ou astrolabium nocturnum*» de Ramon Llull. Pero no fue hasta la publicación en 1551 de «El arte de navegar» de Martín Cortés de Albacar, que el también conocido como «*horologium noctis*» o nocturlabio alcanzó gran popularidad.

Añadidura
Instrumento para conocer la hora de noche, por el discurso delas estrellas.
Aras vna rueda pequeña con su mango, como enla figura seguiente: laqual partiras en .24. espacios de horas. Hecho esto, hincaras enel medio dela rueda, vn indice o señalador, que salga de fuera dela rueda algun tanto: de tal manera, que quede vn agujero en medio del instrumẽto: el qual estara enel clauo que firma el indice con la rueda, de tal manera, que el indice se pueda boluer al derredor como al ojo parezca, enel instrumento que sefigue.
POLVS
¶ Vso del dicho instrumento.
N la noche, q̃ vieres las estrellas claramente, leuanta tu instrumento hazia al norte, y alça o baxa el dicho instrumẽto, hasta que por el agujero del centro, veas la estrella polar. Despues mira conel mesmo ojo, las dos estrellas postreras dela osa mayor, que se dize las ruedas del carro, leuanta entonces o abaxa el indice, hasta que su linea toque enel rayo dela vista, nota entonces, que hora señala, y con ella entra enel instrumento dicho, que contiene las horas del dia y dela noche, y assienta el indice delas estrellas sobre la hora laqual hallaste, y sin mouer este indice delas estrellas, assiēta el indice o regla dela rueda del sol sobre el dia, enel qual tu buscas la hora, y el te la mostrara enla parte inferior del circulo delas horas, la que tu buscauas.
¶ Feneſce el libro delos principios de C...ng.

■ FIGURA 70. DESCRIPCIÓN DEL USO DE UN NOCTURLABIO, 1548. APARECE EN LA VERSIÓN EN ESPAÑOL DE «COSMOGRAPHIA» DE PEDRO APIANO. CON PERMISO DEL REAL INSTITUTO Y OBSERVATORIO DE LA ARMADA (SIGNATURA 02193).

Es el astrónomo Gemma Frisius quien inició el proceso, con su «*De principiis astronomiae et cosmographiae*» de 1530, que eventualmente conduciría al uso los relojes mecánicos para encontrar la latitud. William Cunningham retomó la idea en 1559 con su «*The Cosmographical Glasse, conteinyng the Pleasant Principles of Cosmographie, Geographie, Hydrographie or Navigation*», y algo más tarde es Thomas Blundeville con sus «*M. Blundevile His Exercises*» de 1594. Esta misma idea estaría presente en Galileo en 1637, mediante el uso del péndulo. Su hijo Vincenzo Galilei construyó un primer modelo, pero fue Christiaan Huygens quien primero consiguió que un ingenio de este tipo funcionase, en 1656, y propuso su uso para medir la longitud. En 1664 sus relojes fueron hasta Cabo Verde y probaron su utilidad. Su gran tratado sobre el péndulo y la medida del tiempo, «*Horologium oscillatorium sive de motu pendularium*,» apareció en 1673. Entre sus innovaciones se encuentra el resorte de espiral, que patentó en 1675. Robert Hooke, de manera independiente a Huygens y a quien actualmente se le asigna la prioridad, inventó el resorte regulador que controla la velocidad de oscilación del volante regulador, de función análoga al péndulo. El gran salto hacia la precisión estaba dado.

En Francia, Henry Sully inventó un reloj marino que permitió verdaderamente determinar la longitud, descritos en «*Montre de la Mer*», de 1716, y «*Une Horloge inventée et executée par M. Sulli*», de 1726. Aunque sus cronómetros, el término técnico para denominarlos, funcionaban adecuadamente con mar tranquila, perdían la precisión ante meteorologías menos cooperativas. Pierre Le Roy salvó este problema con varios desarrollos tecnológicos adicionales y construyó su primer cronómetro en 1756. Su reloj viajó a América y a África en 1768 junto a Jean-Dominique, comte de Cassini, para experimentar un periodo de pruebas y al año siguiente la Academia francesa le concedería un premio al mejor método para determinar el tiempo en el mar, en competencia con Ferdinad Berthoud, relojero de la marina francesa a partir de 1762 y otro reputado tecnólogo. Cassini relataría la aventura en 1770, en «*Voyage fait par ordre du roi en 1768 pour éprouver les montres marines inventées par M Le Roy*».



■ FIGURA 71. CRONÓMETRO MARINO DE PIERRE LE ROY, CONSTRUIDO EN 1766. CORTESÍA MUSEE DES ARTS ET METIERS.

Pero el premio más ambicionado, propuesto por el Gobierno británico a raíz del desastre marino de las islas Scilly en 1707, fue para John Harrison, en origen un carpintero que durante décadas desarrolló varias generaciones de ingenios mecánicos. El voluminoso y prometedor H-1 hizo su debut en 1735. Luego vendrían los prototipos H-2 y H-3, parcialmente financiados por la «Junta para la medida de la Longitud», nombrada en 1714 por el Gobierno de Su Graciosa Majestad británica. En 1761 se realizó una prueba marítima con su modelo H-4, finalizado dos años antes. Después de 81 días en el mar, solo se retrasaría cinco segundos. Al regresar a Inglaterra en marzo de 1762, la pérdida de tiempo solo sería de dos minutos. Después de una intensa campaña pública, y de tener que desmontar el reloj delante de una comisión de expertos, la Junta le concedió 7500 libras en 1765, una impresionante cantidad aunque no fuera la totalidad del premio prometido en 1707. Tiempo después, y solo por la intervención de George III, se le haría entrega del resto del mismo en 1773, 10 000 libras. Curiosamente, la Junta publicó, editados por Maskelyne, adalid de los métodos astronómicos, los diagramas de Harrison en 1767 («*The Principles of Mr. Harrison's Time-Keeper, with Plates of the Same*»), en lo que hubiera debido ser un secreto de estado. Harrison realizaría, a petición de la Junta, las copias H-5 y H-6. Además, Larcum Kendall, siguiendo un encargo de la Junta, construyó el K-1 en 1770, copia del H-1. A pesar de los intentos de Harrison para que se verificase el funcionamiento de sus relojes en alta mar, sería la copia de Kendall la que navegaría de manera intensiva: James Cook levó anclas en su segunda expedición en 1772 con el K-1 y verificó ambos métodos, el mecánico y el astronómico, alabando con grandes elogios el reloj a su regreso en 1775. Curiosamente, K-1 (al que acompañaba K-3, construido en 1774) se paró cuando Cook murió a manos de los hawaianos, en su tercer viaje, en 1779.

Las peripecias de los relojes construidos por la Junta de Longitud no terminaron con la muerte de Cook. Kendall también creó K-2 en 1772, que navegó con el navío Bounty y William Bligh. Desde el motín de 1789 hasta 1808 estuvo con los sublevados en las Islas Pitcairns, en la Polinesia, cuando un capitán de un ballenero americano lo compró.

En cualquier caso, los cronómetros marinos, durante décadas, fueron piezas únicas y caras, y el cartografiado preciso y la navegación segura recayó en el método astronómico. Así, la determinación sobre dónde se encontraba un buque en alta mar o el tamaño de los dominios de un gran rey contribuyeron al conocimiento de la física y la astronomía y, en definitiva, de nuestro lugar en el universo.

Una cuestión nacional: péndulos, la forma de la Tierra y la gravedad

LA MEDIDA DE LA TIERRA

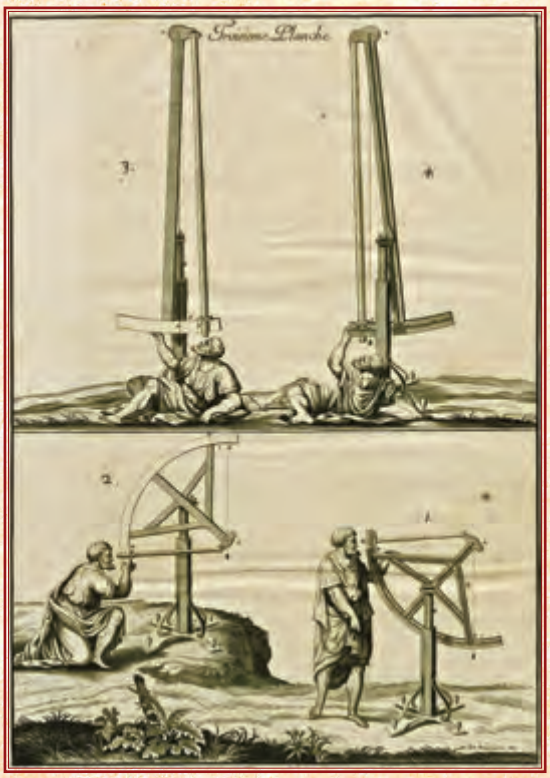
Ya Aristóteles, en el siglo IV antes de nuestra era, propuso que la Tierra tenía un tamaño mensurable. Tanto él como Eratóstenes de Cirene proporcionaron unos valores específicos, en este último caso sorprendentemente cercano al real. Sin embargo, el tamaño estándar aceptado hasta el final de la Edad Media sería el obtenido por Posidonio de Rodas o Apamea, tres siglos después del filósofo peripatético, y aceptado y divulgado por Claudio Ptolomeo ya en el siglo segundo, en mitad de la época imperial romana. Según cuenta Cleómedes, ya casi al final del Imperio,

Posidonio se percató de que la estrella Canopus, que no es visible desde la Grecia continental, aparece por unos instantes en Rodas, situada más al sur, y llega a elevarse hasta 7,5 grados sobre el horizonte de Alejandría, y de ahí partiría para medir las dimensiones del planeta. Un método similar al de Eratóstenes, con la diferencia que este último utilizaría ciudades en el mismo meridiano.

Siglos después, Jean François Fernel realizó la primera determinación moderna, publicada en su «*Cosmotheoria*» de 1528. Para ello, realizó un viaje en carro desde París hasta Amiens, prácticamente en el mismo meridiano y contó las vueltas dadas por las ruedas para medir tanto la distancia recorrida como el valor de arco de meridiano, con un valor de 57 020 toesas, una medida francesa equivalente a 1,949 metros. Años más tarde, en 1573, Gemma Frisius propondría el método de la triangulación, siguiendo a Eratóstenes, para la realización de una evaluación más precisa y sería Willebrord Snel van Royen, mejor conocido como Snellius, quien lo pondría en práctica, publicando un resultado de 55 020 toesas en su «*Eratostenes Batavus*» de 1617. Richard Norwood en su «*Seamaris practice*» de 1637 incluyó un valor de 57 424 toesas, en una medición que fue desde Londres hasta York. También Giovanni Battista Riccioli, un gran antagonista de Galileo Galilei y del heliocentrismo copernicano, obtendría su propio resultado.

■ FIGURA 72. TRIANGULACIÓN, POR SNELLIUS EN 1617. DIAGRAMA PUBLICADO «ERATOSTHENES BATAVUS, DE TERRAE AMBITUS VERA QUANTITATE». CORTESÍA DE BAYERISCHE STAATSBIBLITHEK (HBKS/R 30 DF).

Christiaan Huygens jugaría un papel indirecto pero muy significativo en la determinación del tamaño y la forma de la Tierra. Residió en Paris desde 1666 hasta 1681, ayudando a poner en marcha la *Académie Royale des sciences*. Durante esos años esta institución inició un complejo programa para la medida del diámetro terrestre. El encargado de ejecutarlo sería Jean Picard, nuevamente desde París a Amiens, y publicaría el resultado, de extraordinaria calidad, dos años más tarde en «*Mesure de la Terre*». El valor revisado alcanzaría 57 060 toesas, lo que equivale a 40 035,6 km, una diferencia de algo más de 5 km respecto a la media del planeta. Su éxito se fundamentó en dos hechos: el uso de una medida de referencia estándar forjada en hierro, y en una amplia base de partida de 5663 toesas, lo que minimizó los errores. Así, se puede decir que la medida del grado fue un experimento geodésico sobre el que se configuró una nueva ciencia.



■ FIGURA 73. ILUSTRACIÓN DE «MESURE DE LA TERRE», PUBLICADO POR JEAN-FÉLIX PICARD EN 1671. MUESTRA LA MANERA DE UTILIZAR DIFERENTE INSTRUMENTACIÓN PARA MEDIR LA LATITUD A PARTIR DE LAS POSICIONES DE ESTRELLAS Y ÁNGULOS PARA LA REALIZACIÓN DE UNA TRIANGULACIÓN CARTOGRÁFICA. CORTESÍA DE LA BIBLIOTHÈQUE NATIONALE DE FRANCE (RÉS. S-2).

EL PÉNDULO Y LA MEDIDA DEL TIEMPO: UNA NUEVA HERRAMIENTA

Ya antes de 1588, Galileo Galilei se percató de la posibilidad de medir el tiempo con un péndulo. De hecho, en 1637, ya próxima su muerte, trabajó en relojes de péndulo y diseñó un mecanismo de escape, que su hijo Vicenzo intentó construir, aunque probablemente falleciera, en 1649, sin llegar a concluir el ingenio. Sin embargo, Huygens realizaría importantes mejoras y obtendría una patente en 1657 para el péndulo dada en La Haya, otra en 1665 concedida por Luis XIV en Francia y una tercera en 1674, con la que entraría en conflicto con Robert Hooke por la prioridad en la invención del resorte de espiral.

Tanto Giovanni Battista Riccioli, como Marín Mesenne y el propio Huygens realizarían numerosos experimentos utilizando el péndulo como instrumento para la medida del tiempo, pero sería este último quien establecería las bases firmes desde un punto de vista teórico con la publicación en 1658 de «*Horologium*» y sobre todo en 1673 de «*Horologium Oscillatorium sive de motu pendulorum*», y la construcción de relojes que incrementarían la precisión hasta los 15-5 segundos. Algunos se utilizarían en pruebas marinas para resolver el problema de la longitud en alta mar. Además, el desarrollo del péndulo de cicloide, cuyo periodo es realmente independiente de la amplitud y de mayor estabilidad que el péndulo simple, abriría la puerta a la gravimetría: la variación de la atracción de la gravedad con la posición, una idea de Robert Hooke. Esto tendría unas extraordinarias consecuencias en la determinación de la forma de la Tierra.

LA FORMA DE LA TIERRA

Jean Richer realizó en 1771-1773 un viaje a Cayena, coordinado desde París por Giovanni Domenico Cassini, para determinar la paralaje solar, la oblicuidad de la eclíptica, la refracción astronómica en el trópico y la longitud del péndulo que bate exactamente 86 400 segundos en un día. Por primera vez se confirmaría la variación de la longitud de este tipo de péndulo con la latitud. Durante otro viaje financiado por la *Académie Royale des sciences* con objeto de determinar la longitud de las Indias Occidentales por el método de los satélites de Júpiter, se realizaron numerosos experimentos científicos adicionales. Dos ingenieros, Varin y des Hayes, serían los encargados de realizarlos, y verificaron que era necesario ajustar la dimensión de los péndulos para que batieran exactamente un segundo: había pues un efecto de la latitud. Regresaron en 1683, con tiempo suficiente para que Isaac Newton recogiera ese fenómeno en el tercer tomo de su monumental obra «*Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*», que apareció en 1687. También se vería influido por las observaciones de Júpiter, cuyo achatamiento polar es notorio, realizadas por John Flamsteed y Giovanni Domenico Cassini. Así, concluyó que el efecto medido con los péndulos era debido a que el Ecuador se encontraba algo más alejado del centro. Esto es, la Tierra debía estar achatada por los polos. El «*Principia*», aunque de manera lenta, crearía un tsunami que barrería el continente, levantando pasiones y sentimientos nacionales. Sería un enfrentamiento epistemológico en toda regla y mucho más: los torbellinos de René Descartes frente a la gravitación de Newton, Francia contra Inglaterra. La mayor parte de los miembros de la Academia francesa y los jesuitas serían unos formidables oponentes a la visión newtoniana. Pero también tendrían notables defensores en el continente, aunque el apoyo a Newton, al publicar «*Lettres philosophiques*» en 1734, llevaría incluso al exilio rural a Voltaire.

Desde otra perspectiva, Huygens replicaría a la teoría de Newton en 1690 con su «*Discours sur la cause de la pesanteur*», en donde se afirma que no hay atracción mutua entre los cuerpos. Según él, aun sin Tierra, los cuerpos no dejarían de ir hacia un centro. Sin embargo, estaba de acuerdo con el achatamiento de los polos, pero con una magnitud distinta a la teoría newtoniana. Ambos concurrían en que en cualquier caso el efecto debería ser extremadamente reducido.

Sin embargo, la confusión se incrementó cuando J.G. Eisenschmid, en 1691, comparó los resultados de Snellius, Picard, Riccioli y Eratóstenes, que fueron obtenidos en diferentes lugares y latitudes, concluyendo que la Tierra es alargada y no achatada hacia los polos. La polémica estaba servida y serían necesarios más de 40 años para resolverla.

■ FIGURA 74. LA COSTA DEL PACÍFICO EN AMÉRICA DEL SUR, POR JORGE JUAN Y ANTONIO DE ULLOA EN 1743. MAPA CONTENIDO EN «RELACIÓN HISTÓRICA DEL VIAGE A LA AMÉRICA MERIDIONAL. CORTESÍA DEL MUSEO GETTY, «OPEN CONTENT PROGRAM», CON IDENTIFICACIÓN 93-B9188.

ARCOS DE MERIDIANO: UN PROGRAMA SISTEMÁTICO PARA DETERMINAR LA FORMA

Los resultados basados en el péndulo solo sirvieron para estimular la puesta en práctica de un programa sistemático en Francia, heredero de los anteriores y que estaba relacionado con el cartografiado de todo el país. Ya en 1683 Giovanni Domenico Cassini había iniciado la prolongación de las mediciones del arco desde Amiens hacia Colliure, en los Pirineos. Pero la muerte del todopoderoso Colvert paralizaría el proyecto. Sin embargo, seguiría tomando datos en 1694 junto con su hijo Jacques Cassini con una instrumentación notablemente mejorada. Del proceso se produjo un resultado que ha tenido notables consecuencias tecnológicas: se percató de que no podía comparar sus mediciones con las anteriores ante la falta de un patrón estándar, y propuso uno, la braza geométrica, definida como la diezmillonésima parte del semidiámetro de la Tierra. Finalmente, las medidas se retomarían de manera oficial en Francia en 1700, terminando un año más tarde con el resultado de 57,097 toesas. Sorprendentemente, de una manera precipitada concluyeron que había achatamiento polar. Años después Jacques Cassini, en 1713, mediría el arco de meridiano desde Dunquerque hasta Perpiñán, rectificando y afirmando que era alargada en los polos, contradiciendo así a la conclusión derivada a partir de los datos del péndulo. La obra de Jacques Cassini «*Traité de la grandeur et de la figure de la terre*» aparecería en 1720.

La *Académie Royale* se terminaría posicionando a favor de un planeta con meridianos elípticos de eje mayor en los polos, una interpretación de los resultados que estaría apoyada por una concepción cartesiana del mundo. René Descartes había propuesto su teoría de los vórtices mucho tiempo antes, en «*Principia Philosophiae* », que apareció en 1644. En este texto se interpreta el movimiento de los planetas como resultado de pequeñas partículas que los rodean y los arrastran en su movimiento. En el caso de la Tierra, la presión de esta materia cerca del Ecuador provocaría su compresión y el alargamiento polar. Esta teoría era opuesta a la concepción newtoniana de la fuerza de la gravedad, con su acción a distancia, propuesta en los «*Principia*». Sin embargo, no todo el mundo en la academia apoyaría las medidas de los Cassini y la interpretación cartesiana: el grupo conocido como los jóvenes geómetras sería un defensor comprometido con la teoría de Newton y por ello serían tildados de antifranceses en algunas ocasiones. El adalid principal, Pierre-Louis Maupertuis, presentó en 1732 un análisis detallado con la metodología necesaria para dirimir la cuestión en su «*Discours sur les différents figures des astres*». Así, la *Académie Royale des sciences* decidió a finales de 1733 enviar una misión geodésica al Ecuador para zanjar definitivamente el problema. Después de unas rápidas

conversaciones diplomáticas con la corte española y la intervención directa de Felipe V, primer rey borbón y de origen francés, y de la firma del pacto de familia, se sumarían a la misma miembros españoles. Las negociaciones, bien documentadas, fueron notables por las implicaciones, por la presencia de informadores a los franceses y el cuidado puesto por la parte española para garantizar que fuera estrictamente científica y se evitase la penetración comercial francesa en las posesiones españolas. Aun así, se realizaría comercio ilícito por parte de algunos expedicionarios franceses, que además tenían instrucciones secretas no compartidas con el gobierno español. La expedición ecuatorial partió en 1735 e incluyó a Charles Marie de La Condamine, Pierre Bouguer, los primos Louis y Jean Godin, Joseph de Jussieu, Jorge Juan y Antonio de Ulloa, y en Ecuador se uniría Pedro Vicente Maldonado. Voltaire escribió en una carta el 17 de abril de 1735 a Jean Baptiste Formont:

«Sabed que nuestros filósofos argonautas, en fin, salieron para ir a trazar un meridiano y paralelos en América. Sabremos por fin cuál es la figura de la Tierra y lo que vale exactamente cada grado de latitud. Esta empresa prestará servicios a la navegación y honrará a Francia. El Consejo de España ha nombrado a algunos pequeños filósofos españoles para aprender el oficio de los nuestros. Si nuestra política es la más humilde servidora de la política de Madrid, nuestra Academia de Ciencias nos venga. Los franceses no ganan nada en la guerra, pero miden América».

Aunque desde el punto de vista científico fueron numerosos los resultados, cubriendo campos desde la geodesia y la astronomía hasta la biología y el estudio de la quinina como remedio contra la malaria, que tendría unos efectos muy notorios en la capacidad de penetración europea en el interior de África en el siglo XIX, desde el punto de vista personal fue un desastre: los problemas personales entre los miembros franceses comenzaron pronto y la expedición terminaría por dividirse y publicar sus resultados de manera separada. Jorge Juan y Antonio de Ulloa en «Observaciones astronómicas y físicas hechas en los Reinos del Perú» y «Relación histórica del viage a la América meridional» de 1748; Bouguer y La Condomine en «*La figure de la terre*» de 1749; y Godin en «*Observations astronomiques au Pérou*» de 1752. En cualquier caso, cuando regresaron los primeros miembros a Francia ya se sabía quién había ganado la partida: la gravitación, Newton y los jóvenes geómetras. La Tierra era oblata, achatada por los polos.

■ FIGURA 75. LA TRIANGULACIÓN DEL ARCO DE MERIDIANO EN EL CÍRCULO POLAR ÁRTICO PUBLICADO POR MAUPERTUIS EN 1738. LAS MEDIDAS SE REALIZARON EN LAPONIA Y PERMITIERON CONFIRMAR QUE LA TIERRA ESTABA ACHATADA POR LOS POLOS. EL MAPA Y LOS RESULTADOS APARECIERON EN «SUR LA FIGURE DE LA TERRE». CORTESÍA DE UNIVERSITÄT WIEN (UNIVERSIDAD DE VIENA, HW 794).

El mismo año que partió la expedición al Ecuador, en 1735, Jean Baptiste Bourguignon D'Anville concluyó, comparando las medidas de longitudes y latitudes en todos los continentes disponibles en ese momento, que el planeta era oblongo («*Proposition d'une mesure de la terre*»). Se decidió enviar la expedición propuesta por Maupertuis al Círculo Polar, a Laponia. En ella participarían, además de su impulsor, Alexis Claude Clairau, Pierre Charles Le Monnier, Charles-Étienne Camus y Anders Celsius, que se uniría con posterioridad. El contraste con la versión ecuatorial por la relación entre sus miembros sería completo y el regreso a Francia sería triunfal: el 13 noviembre de 1737 Maupertuis presentaría los resultados en la Academia, que aparecerían en 1738 en «*Sur la figure de la terre*», que muestran que la Tierra está achatada por los polos y que Newton tenía razón con la teoría de la gravedad.

Piratas celestes: Newton, Halley y el «abordaje» del buque insignia de Flamsteed

No solo navegan por el Caribe. Los piratas y corsarios se pueden encontrar en todos los ámbitos, incluso en el de la ciencia. Un caso muy curioso, por los nombres de los científicos involucrados, es el de las cartas celestes de John Flamsteed, cuyo fin era la mejora de la navegación mediante el método de las distancias lunares, al proporcionar posiciones precisas de una gran cantidad de estrellas.

En ocasiones surgen escándalos de pseudo-científicos que plagian resultados de colegas o, directamente, se los inventan. También están los que piratean, por una razón u otra, los resultados de otros. Los archiconocidos y venerados Isaac Newton y Edmund Halley, sorprendentemente, entran hasta cierto punto en esta última categoría.

■ FIGURA 76. LA CONSTELACIÓN DE SAGITARIO, EN LA CARTA CELESTE DE JOHN FLAMSTEED DE 1729. PERTENECE A «ATLAS COELESTIS», PUBLICADO PÓSTUMAMENTE POR SU ESPOSA MARGARET FLAMSTEED Y JAMES HODGSON. CORTESÍA DE WELLESLEY COLLEGE, BOSTON UNIVERSITY.

■ FIGURA 77. LA CONSTELACIÓN DE CÁNCER, EN EL MISMO ATLAS.

La historia ocurrió en 1712, en el contexto de la búsqueda de un método astronómico para medir la longitud en alta mar (esto es, determinar la posición de un buque). El problema fue importantísimo en los siglos XVI-XVIII, hasta su solución «satisfactoria» en 1773. Esta es una historia que implica potencias coloniales, desarrollo científico y tecnológico, grandes recompensas pecuniarias y mayores egos humanos.

John Flamsteed, primer astrónomo real inglés, nombrado en 1675, tenía encomendada «la correcta determinación del movimiento de los cielos, las posiciones de las estrellas y la localización de la longitud con objeto de perfeccionar el arte de la navegación». Después de más de 35 años desde el inicio de las observaciones sistemáticas, Flamsteed, observador infatigable y perfeccionista, seguía sin publicar sus cartas celestes. Newton, con una personalidad verdaderamente curiosa, como miembro de la Junta de Longitud nombrado a la sazón por el Parlamento inglés para encontrar un método preciso de determinar la posición en alta mar, con la ayuda de Halley, se hizo con la mayor parte de los registros de Flamsteed sin el permiso de este. Un robo en toda regla, aunque el objetivo fuera loable. Fueron publicados en 1712 sin reconocer el papel que Flamsteed había tenido en todo el

■ FIGURA 78. LA CONSTELACIÓN DE LEO, EN EL MISMO ATLAS.

proceso, los años de medidas, las noches interminables tomando datos.

Como revancha, Flamsteed acaparó tantos libros como pudo de esa edición pirata. Pudo hacerse con unas tres cuartas partes de la producción del catálogo celeste de Newton y Halley y quemó los ejemplares frente al *Royal Greenwich Observatory*. Clara señal de que reprobaba del acto de Newton y Halley, cuando menos poco ético, y una reivindicación de su propio trabajo. Finalmente, su monumental obra «*Historiae Coelestis Britannica*» fue publicada en 1725, seis años después de su fallecimiento.

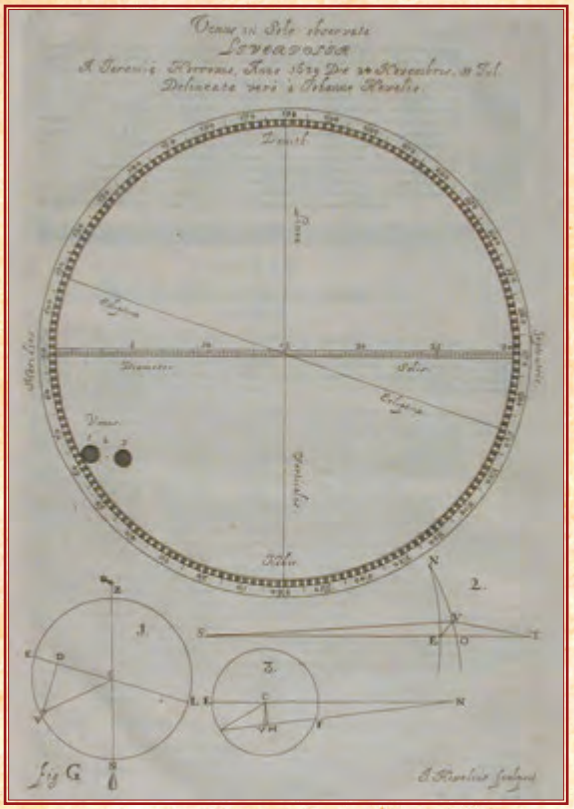
Tránsitos planetarios y el tamaño del Sistema Solar

El conocimiento de las verdaderas dimensiones del Sistema Solar, y la calibración de constantes tan importantes como la de la gravitación universal (una de las leyes más relevantes de la física), exige el conocimiento preciso de la distancia entre la Tierra y el Sol. Trivial en la actualidad, el proceso fue una verdadera aventura a finales del siglo XVIII, cuando se utilizaron los tránsitos de Venus sobre el disco solar para derivar esta medida. El proceso en sí comenzó dos siglos antes, cuando se definió el problema y se empezaron a sentar las bases para su solución. Sin embargo, la cuestión es mucho más antigua.

Aristarco de Samos, en el siglo III antes de nuestra era, promovió una interpretación alternativa a la visión geocéntrica, con el Sol próximo al centro del Cosmos conocido y la Tierra girando a su alrededor. Conocedor de las causas de los eclipses, hizo uso de los mismos y de las posiciones relativas de la Tierra, la Luna y el Sol para estimar la distancia a este, en una medida dependiente del radio de la Tierra. El tamaño de nuestro planeta seria estimado por Eratóstenes de Cirene en el mismo siglo, aunque probablemente con posterioridad. Los resultados de Aristarco, sin embargo, estaban bastante alejados de los reales. Años después, Posidonio de Apamea (c. 135 – c. 51 antes de nuestra era), obtendría valores sorprendentemente cercanos a los actuales, según narró Gayo Plinio Segundo o Plinio el Viejo, en la enciclopédica «*Naturalis Historia*».

Sin embargo, la cosmología aceptada sería la recogida por Claudio Ptolomeo en el «Almagesto». Desde su publicación en el siglo II de nuestra era hasta principios del XVII, incluyendo los trabajos de los astrónomos musulmanes, hubo cierto consenso sobre el tamaño del Sistema Solar. Fue el caso incluso de los primeros heliocentristas que siguieron a Nicolas Copérnico. Así, el Sol estaria a unas 1200 veces el diámetro de la Tierra, lo que equivaldría a 7,2 millones de kilómetros. Dado que el valor real es de 150 millones de kilómetros aproximadamente, el desfase es superior a veinte veces. Para Saturno, el último planeta conocido, se estimaba una separación máxima de unos 20 000 radios terrestres, que es unas trece veces inferior a la distancia real.

Los dos sistemas del mundo (o tres, si se incluye la modificación de Tycho Brahe, a medio camino entre ambas concepciones) implicaban que tanto Mercurio como Venus deberían pasar de vez en cuando sobre el disco solar, produciendo un «eclipse» o tránsito. De hecho, las crónicas indican que durante el reinado de Carlomagno se produjo un paso de Mercurio. Esto ocurriría supuestamente en el año 807, pero Johannes Kepler, en 1604, recalcularía la fecha, trasladándola a un año más tarde. Tres años después, basándose en el corpus de observaciones acumuladas por Brahe, Kepler predijo otro tránsito para finales de mayo de 1607, que supuestamente observó, publicándolo dos años más tarde en «*Phaenomenon singulare*». Por desgracia para él, el uso del telescopio a partir de 1609 mostraría que el Sol tiene manchas, y lo que Kepler vio en 1604, así como probablemente el evento del año 807, fueron máculas sobre la superficie del astro rey. Kepler reconocería su error, lo que no sería óbice para que, a partir de las nuevas efemérides, sus «Tablas Rudolfinas», predijese nuevos tránsitos: para Mercurio en 1631; y en el caso de Venus, para ese mismo año y 1661, cálculos que aparecieron en «*De rarís mirísque Anni 1631*», publicado en 1619. Advertía que el tránsito de Venus de 1631 no sería visible desde Europa, pero solicitaba que igualmente se intentase el avistamiento. Lamentablemente, Kepler erró en su predicción sobre los tamaños relativos de ambos planetas respecto al Sol: un cuarto para Venus y un décimo para Mercurio, cuando en realidad son mucho menores, lo que hace mucho más compleja la observación de este tipo de eventos.



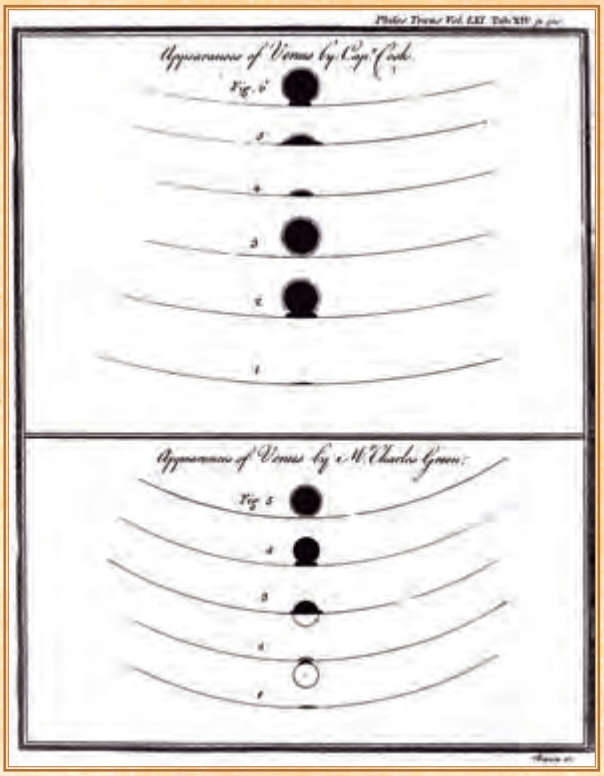
■ FIGURA 79. REPRESENTACIÓN DE LAS OBSERVACIONES DEL TRÁNSITO DE VENUS DE 1639 REALIZADAS POR HORROCKS. LA EDICIÓN DE SU TRABAJO FUE REALIZADA POR JAN HEVELIUS EN 1662, Y CONTIENE TANTO LAS OBSERVACIONES DEL PRIMERO EN «VENUS IN SOLE PARITER VISA, ANNO 1639», COMO SU PROPIO TRABAJO SOBRE EL TRÁNSITO DE MERCURIO DE 1661 EN «MERCURIUS IN SOLE VISUS GEDANI». CORTESÍA UNIVERSITÄT WIEN (UNIVERSIDAD DE VIENA, HW 6).

El tránsito de Mercurio del 7 de noviembre de 1631 fue observado desde varias ciudades europeas: en Innsbruck por Johann Baptist Cysat, en Rouffach por Johannes Remus Quietanus y también en París por Pierre Gassendi. Verdaderamente representó un éxito de la ciencia como actividad predictiva y de la nueva astronomía. Durante este evento, Gassamendi midió un tamaño de veinte segundos de arco, unas nueve veces menos que lo predicho por Kepler.

A pesar de que en principio no era visible, Gassendi intentaría detectar el tránsito de Venus el 7 de diciembre de 1631, sin éxito. No hay noticias de que se observase desde el este europeo o Asia, en donde sí fue visible. Décadas después, el tránsito de Venus de 6 de junio de 1671 sí sería observado desde distintos lugares: Mikhail Vasilyevich Lomonosov y Jean-Baptiste Chappe d'Auteroche desde Rusia, Charles Mason y Jeremiah Fenwicke Dixon desde el Cabo de Buena Esperanza en la punta sur de África, entre otros. Pero no sería el primero detectado.

El joven astrónomo Jeremiah Horrocks, que fallecería en 1641 a los veintidos años, tuvo tiempo de hacer varias contribuciones extraordinarias, entre ellas que la órbita de la Luna alrededor de la Tierra es elíptica. Contrastando los cálculos de Kepler con los suyos, basados en las tablas de efemérides de Johan Philip Lansberge de 1632, comprobó que estas, asentadas en un heliocentrismo con órbitas circulares y epiciclos, eran mucho menos precisas que las Rudofinas de Kepler, que hacían uso de órbitas elípticas. Abandonó la vía fundamentada en los cálculos de Lansberge y los epiciclos, y mejoró las efemérides de Kepler. Así, dedujo la posibilidad de la existencia de un tránsito el 4 de diciembre de 1639, como así fue, a pesar de no haber sido predicho por Kepler. Su amigo William Crabtree también observó el evento desde otra localidad distinta, y esta información fue utilizada para estimar el tamaño del planeta y la distancia Tierra-Sol. Según él, «...al menos 15 000 semidiámetros de la Tierra», lo que equivale a dos tercios del valor real. Por desgracia, solo dejó un manuscrito sin publicar debido a su prematura muerte, que obtendría Christiaan Huygens en 1661 y finalmente sería editado por Johannes Hevelius al año siguiente.

Mercurio, más próximo al Sol que Venus, presenta una periodicidad de tránsitos más corta, de manera que son más frecuentes. Los siguientes pasos fueron observados por Jeremy Shakerly desde Surat, en la India, el 3 de noviembre de 1651 y por Huygens desde Londres el 3 de mayo de 1661. El 7 de noviembre de 1677 se produjo una campaña con observaciones realizadas por Edmund Halley, Richard Towneley y Jean Charles Gallet desde la isla de Santa Helena, Lancashire y Aviñon. Para el evento del 5 de noviembre de 1743, Joseph-Nicolas Delisle organizó una campaña internacional.



■ FIGURA 80. DIBUJOS DE GREEN Y COOK MOSTRANDO EL CONTACTO ENTRE VENUS Y EL SOL, CON EL EFECTO DE LA LÁGRIMA NEGRA, SEGÚN SE PUBLICÓ EN 1771. APARECIERON EN LA REVISTA «PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS OF THE ROYAL SOCIETY», DESPUÉS DE FALLECER GREEN EN BATAVIA, DURANTE EL VIAJE DE REGRESO.

Justamente Halley se percató del potencial para determinar la distancia al Sol, como ya lo había hecho Horrocks y probablemente Gassendi, e impulsó una campaña para la observación del siguiente tránsito de Venus, que ocurriría el 6 de junio de 1761. Sin embargo, no dio crédito a James Gregory, que propuso la misma idea en 1663. Y es que la observación del tránsito desde diferentes localizaciones se traduce en un cruce con una trayectoria distinta respecto al disco solar. Unos cálculos trigonométricos no muy complejos permiten la medida de la distancia del Sol a la Tierra y de ahí se pueden deducir las distancias al resto de los planetas y sus tamaños absolutos.

Un experimentado Delisle propuso en 1760, como en el caso de Mercurio en 1743, la coordinación de las expediciones. Fueron numerosas las que se organizaron a lejanos lugares: Jean-Baptiste Chappe d'Auteroche viajó al este de los montes Urales, en Rusia; Joseph Hyacinthe Jean-Baptiste Le Gentil de la Galaisière a la costa este de la India; Alexandre Guy Pingré a las islas Rodrigues cerca de Madagascar; Mikhail Lomonsov, ignorado hasta el siglo XX, tomó datos desde San Petersburgo; y Charles Mason junto Jeremiah Dixon pusieron rumbo hacia Sumatra, aunque no tuvieron tiempo de llegar y realizaron sus observaciones desde Ciudad del Cabo. Los guardiamarinas al mando de Jorge Juan tomaron sus propios datos desde Cádiz. De hecho, se adquirieron medidas desde 62 localidades diferentes: una verdadera empresa global, tal vez la primera misión científica verdaderamente internacional.

A pesar de estos esfuerzos, no fue posible determinar con precisión la distancia al Sol, o unidad astronómica, ya que todos los equipos observaron un curioso problema, no entendido completamentre hasta 1999: el efecto de la lágrima negra, una prolongación aparente del disco de Venus hacia el limbo del Sol, cuando ambos se encontraban muy próximos el uno del otro. En realidad este efecto es debido, por orden de importancia, a la difracción de la luz, a las imperfecciones de la óptica utilizada, y al conocido efecto de oscurecimiento del limbo solar.

La siguiente oportunidad estaba cerca, el 3 o 4 de junio de 1769, dependiendo del lugar. Con objeto de reintentarlo de nuevo, el astrónomo Charles Green fue enviado a Tahití en la primera expedición de James Cook. Durante este viaje se observaría ese mismo año un tránsito de Mercurio, el 9 de noviembre. Le Gentil, que no pudo tomar datos ocho antes, se quedó en Oriente para intentarlo nuevamente, pero la diosa Fortuna tampoco le favoreció en esta ocasión. En cuanto a la campaña general para derivar las dimensiones del Sistema Solar, el azar tampoco mostró su mejor cara, porque el efecto de la lágrima negra persistió y no se pudo determinar el valor de la unidad astronómica de manera precisa. Medio siglo más tarde, en 1822 y 1824, Johann Franz Encke reanalizaría los datos de los dos tránsitos y deduciría un valor muy cercano al actual, con una diferencia de solo el 2,5%.

Los siguientes tránsitos ocurrirían en 1874 y 1882, y dejarían de ser una aventura humana, dada la extraordinaria mejora en las comunicaciones, tanto marinas como telegráficas. Para

entonces, Uranus y Neptuno, descubiertos por William Herschel en 1789, y por Urbain Le Verrier y Johann Galle en 1846, se habían incorporado al censo de planetas, extendiendo las dimensiones del Sistema Solar. Al terminar el siglo, el ciclo iniciado por Aristarco 2300 años antes se había, por fin, cerrado.

Las desventuras de un astrónomo

El planeta Venus, de tamaño y masa muy semejantes a la Tierra pero de propiedades muy distintas debido a factores geométricos de su órbita y la del nuestro, y a la carencia de un gran satélite, se proyecta sobre el disco solar de manera muy poco frecuente. Sin embargo, sus tránsitos se han utilizado para determinar la distancia entre la Tierra y el Sol de manera recurrente. Estos eventos acontecen en una serie de 8, 105,5 y 121,5 años. Los últimos sucedieron el 6 de junio del 2012 y 8 de junio del 2004. No habrá otro hasta el año 2117, exactamente el 11 de diciembre de ese año. En el siglo XIX se produjeron en 1882, y anteriormente a este en 1874. En el siglo XVII ocurrieron otros dos, el 3 de junio de 1769 y el 6 de junio de 1761. En ambas ocasiones se organizaron múltiples expediciones a remotos lugares del globo, que fueron verdaderas aventuras que en algunos casos terminaros de manera trágica o irónica. Probablemente la más desafortunada le ocurrió a Guillaume Joseph Hyacinthe Jean-Baptiste Le Gentil de la Galaisière.

■ FIGURA 81. DIBUJO DE LE GENTIL CON NOTAS SOBRE LOS TRÁNSITOS DE VENUS DE 1761 Y 1769. CORRESPONDE A LA PREPARACIÓN DE LOS MISMOS DENTRO DEL TRABAJO «OBSERVATION DE LA CONJONCTION INFÉRIEURE DE VÉNUS AVEC LE SOLEIL», QUE APARECIÓ PUBLICADO EN 1753 EN «MÉMOIRES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES».

La Academia de Francia organizó una expedición para observar el transito que aconteció en 1761. El destino: la India francesa, que se perdería a manos británicas poco después. El encargado de realizar la toma de datos fue el joven astrónomo Le Gentil, quien partió del puerto francés de Brest en marzo de 1760, con quince meses de anticipación. Le Gentil era ya un reputado investigador, habiendo sido ayudante de Cassini, y tenía en su hoja de servicios los descubrimientos de las nebulosas M8, M32, M36, y M38, junto con el cúmulo globular NGC 6712.

Después de recorrer la costa africana, Le Gentil llegó a la India para darse cuenta de que no podía desembarcar en su destino, la ciudad de Pondichéry, base principal francesa hasta entonces, debido a que había sido ocupada por los británicos. Esta guerra se enmarca no solo en la lucha de las compañías francesas y británicas de las Indias por el control del comercio en el subcontinente, donde destacó el aventurero inglés Robert Clive, sino en el incesante combate de ambos países por la supremacía global y la expansión de sus respectivos imperios.

■ FIGURA 82. LAS RUINAS DE LA CIUDAD DE PONDICHÉRY EN 1769. LE GENTIL SE ENCONTRÓ LA CIUDAD EN ESTE ESTADO CUANDO FINALMENTE PUDO DESEMBARCAR. INFORTUNADAMENTE NO PODRÍA OBSERVAR EL TRÁNSITO DE VENUS DE ESE AÑO. ILUSTRACIÓN DE «VOYAGE DANS LES MERS DE L'INDE», CUYO PRIMER VOLUMEN FUE PUBLICADO EN 1779, CORTESÍA DE ETH-BIBLIOTHEK ZÜRICH (RAR 6261).

Por tanto, Le Gentil solo pudo observar el fenómeno desde la cubierta del buque y no pudo tomar datos dado que no tenía la estabilidad requerida. Probablemente frustrado, tuvo que retroceder

hasta la isla de Mauricio, una de las escalas, junto a Reunión, del imperio francés en el Índico. Debido al largo viaje entre Europa y la India, y a que el tránsito se repetiría ocho años más tarde, decidió quedarse en aquellos mares, realizando interesantes observaciones en diversos campos y en distintos lugares, desde Madagascar hasta Filipinas.

En marzo de 1768 se trasladó otra vez a Pondichéry, nuevamente en manos francesas. Desgraciadamente para él, el cielo se cubrió el 3 de junio de 1769, el día del tránsito, y no pudo conseguir su objetivo, contribuir a la medida de la distancia Tierra-Sol. Sin embargo, sus compañeros, que habían permanecido en las Filipinas, sí pudieron observar el evento y realizar la toma de los datos correspondientes. Le Gentil, deprimido y sin posibilidad de esperar al siguiente tránsito, que ocurriría más de un siglo después, regresó a Francia, donde finalmente llegaría en octubre de 1771. Eso sí, después de innumerables vicisitudes, entre las que se encontraría el tener que ser recogido en la isla Reunión por un buque de la armada española para ser transportado a España.

■ FIGURA 83.
LA DERROTA, EN EL DOBLE ACEPCIÓN, DE LE GENTIL, PUBLICADA EN «VOYAGE DANS LES MERS DE L'INDE», VOLUMEN 2 DE 1781. CORTESÍA DE ETH-BIBLIOTHEK ZÜRICH (RAR 6261).

Desgraciadamente para él, ninguna de sus cartas en los doce años de ausencia había llegado a su destino. Se le había declarado legalmente muerto, había perdido su puesto en la Academia de Francia, su mujer se había casado con otro hombre y sus bienes habían sido repartidos entre sus herederos. Solo la intervención directa del rey francés consiguió que recuperase su posición académica. Moriría veintiún años después, dejándonos un relato de sus aventuras en «*Voyage dans les mers de l'Inde*» («Un viaje en el Océano Índico»). Todo un ejemplo de tenacidad frente a la adversidad.

■ FIGURA 84. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DEL SISTEMA SOLAR. TODAVÍA SE INCLUYEN LAS DENOMINACIONES CON EL NOMBRE DE «PIAZZI» Y «GEORGIUM SIDUS» PARA EL PLANETA ENANO CERES Y PARA URANO. LOS ASTEROIDES PALLAS, JUNO Y VESTA, DESCUBIERTOS EN 1802, 1804 Y 1807, TAMBIÉN FIGURAN. EL SIGUIENTE, ASTREA, NO SERÍA IDENTIFICADO HASTA 1845. TAMBIÉN APARECEN LOS SATÉLITES CONOCIDOS DE JÚPITER Y SATURNO: LOS CUATRO DESCUBIERTOS POR GALILEO EN 1610 EN EL PRIMER CASO Y LOS SIETE DEL SEGUNDO.

Policía celeste y filósofos: Ceres y su «imposible» existencia

A comienzos del siglo XIX, el conocido filósofo Georg Wilhelm Friedrich Hegel, entonces en plena juventud, presentó una curiosa tesis en la que «demostraba» que el Sistema Solar solo podía tener siete planetas, titulada «*Dissertatio Philosophica de orbitis planetarum*». Lamentablemente para él, Neptuno sería descubierto 45 años después, y Plutón en el siglo XX. En este último caso, sería protagonista de una gran disputa: clasificado durante décadas como noveno planeta, en la actualidad ha cambiado a planeta enano y es el objeto más representativo de la nueva clase de plutinos. Probablemente el razonamiento de Hegel era puramente deductivo, basado en planteamientos racionales, con escasas o nulas referencias a la realidad. Su tesis, por supuesto, está olvidada y solo queda como ejemplo de la prepotencia humana. En el lado de la ciencia hay otros ejemplos bien conocidos, como el supuesto fin de la física a finales del siglo XIX, cuando todo se creía conocido.

En cualquier caso, no hay por qué culpar a Hegel y de hecho el significado de su demostración tampoco queda tan claro. Después de todo, uno de los filósofos más grandes de la historia, y casi diría científico, pues fue padre de numerosas disciplinas, fue Aristóteles, en el siglo IV antes de nuestra era. Aunque empirista, da la sensación de que en numerosas ocasiones se distanció de la experiencia. A muchas mentes brillantes la inducción a partir de los hechos les produce una gran desazón. Muchas de las teorías aristotélicas fueron desmontadas siglos después por la ciencia moderna. O simplemente por hábiles observadores. Famoso es el caso de los cuerpos en caída libre, que se aceleran de manera uniforme independientemente de la masa, como demostró Galileo 1900 años después del tiempo de Aristóteles. Para entonces a este no le debía importar su buena fama.

En el caso de Hegel, el error se puso de manifiesto inmediatamente. Giuseppe Piazzi, había descubierto el planeta enano Ceres desde el observatorio de Palermo unos pocos meses antes, el primero de enero de 1801, en el albor del siglo del positivismo. Se desmontaba así la tesis de Hegel, carente de fundamento y sin contacto con la realidad. Se mostraba, una vez más, el error de confiar en ideas preconcebidas y construir sobre ellas sistemas de conocimiento. Ya recalcaba Santiago Ramón y Cajal, en «Los tónicos de la voluntad», la necesidad de abandonar principios apriorísticos. La verdad del Universo no se encuentra en nuestro interior, sino allá fuera.

■ FIGURA 85. SECUENCIA DE IMÁGENES DE CERES. FUE REALIZADA POR EL TELESCOPIO ESPACIAL HUBBLE. SE APRECIA LA FORMA ESFÉRICA DEL PLANETA ENANO Y LA POSIBLE PRESENCIA DE UN CRÁTER (MANCHA BRILLANTE), QUE NOS PROPORCIONA UNA MEDIDA PRECISA DE SU PERIODO DE ROTACIÓN. CRÉDITO NASA/ESA.

Respecto a Ceres, este es un planeta enano de gran tamaño (unos 1000 km), prácticamente esférico, cuya órbita, casi circular, se encuentre entre Júpiter y Marte. Su existencia sí que había sido vaticinada y generó, también él, una gran controversia.

Johann Daniel Titius predijo en 1766, basándose en las regularidades de las órbitas de los planetas y en el espacio que quedaba entre las de Marte y Júpiter, que debía existir un planeta a una distancia intermedia. No sería el primero en notar el hueco: Johannes Kepler en «*Mysterium cosmographicum*» en 1596 y, ya a comienzos del siglo XVIII, David Gregory y Christian Wolff escribieron algo al respecto. La idea sería recogida por Johan Elbert Bode en 1772, y con el descubrimiento de Urano en 1781 por parte de William Herschel, cuya órbita se ajusta muy bien a la conocida como regla de Titius-Bode, se inició una intensa búsqueda de ese séptimo planeta, no exenta de tintes nacionalistas. Curiosamente, aun antes de encontrarse, se le había dado un nombre: Hera, propuesto por Ernesto II, duque de Sajonia-Gotha-Altenburgo, fundador del observatorio de Gotha.

Franz Xaver von Zach, primer director del observatorio, sería el encargado de organizar un grupo de veinticuatro astrónomos que patrullasen el cielo en busca del oculto planeta. El «*Vereinigten Astronomischen Gesellschaft*» o policía celeste se formaría en septiembre de 1800 en Lilienthal, reunión en la que participaron seis astrónomos. Cada miembro del equipo se encargaría de una zona distinta del zodiaco, alrededor de la Eclíptica, y el grupo sería supervisado por Johann Hieronymus Schröter. Paradógicamente, aunque el director del observatorio de Palermo, Giuseppe Piazzi, estaba en la lista de los veinticuatro, nunca recibió la invitación a formar parte del mismo.

Y sería Piazzi desde Palermo quien detectaría el ansiado planeta, mientras catalogaba estrellas en la constelación de Tauro el primer día de 1801. Durante las siguientes semanas comprobaría que se desplazaba varios minutos de arco cada día y que por lo tanto era un objeto que pertenecía al Sistema Solar.

En una carta a Barnaba Oriani, fechada el 7 de mayo, le comunicó su intención de darle el nombre de «Cerere Ferdinandea», por el rey de Sicilia y Nápoles, en un nuevo ejercicio de pleitesía cortesana. Recordemos que Herschel había hecho lo propio con Urano, al bautizarlo como «Georgium Sidus», al igual que con anterioridad habían hecho Galileo Galilei y Giovanni Domenico Cassini con los satélites de Júpiter y Saturno en honor de los Médici y Luis XIV, respectivamente.

Johannes Bode impulsaría desde Berlín el nombre de Juno, a lo que se opondría Zach, dado que este nombre está ligado a Venus, e insistiría en Hera, madre de Vulcano, cuya residencia se encontraba, en la mitología grecolatina, en Sicilia. Los nombres de Vulcano y Cupido también serían sugeridos desde tierras germánicas. Jérôme Lalande, en Francia, insistiría en usar el nombre del descubridor, y aparecerá como Piazzi en textos y diagramas. Napoleón Bonaparte, primer cónsul y en plena ascensión política, mostraría su propia inclinación hacia una versión francesa: Junon. Al final, sería el descubridor quien tendría el honor de nombrar a Ceres, pero el «tributo» a su mentor, el rey, no sería aceptado por el resto de los astrónomos y el calificativo Ferdinandea terminaría por desaparecer.

El desencuentro astronómico también se extendió a las propias características del objeto. Piazzi, que continuó sus observaciones durante las siguientes semanas cuando el tiempo lo permitía, anunció el descubrimiento en el «*Journal de París*» en febrero y envió sendas cartas a Bode y a Oriani el 24 de enero. Aunque notificó el descubrimiento como el de un cometa, ya en la carta a Oriani afirmaría que al no tener ninguna nebulosidad y ser su movimiento lento y regular, podría ser «algo mejor». Zach aseveraría en «*Monatliche Correspondenz*», la única revista astronómica en aquel tiempo, que Piazzi estaba reservándose información para ser el primero en determinar la órbita. El astrónomo real Nevil Maskelyne sería aun más duro en sus apreciaciones sobre el comportamiento de Piazzi. Otras críticas, privadas en su mayor parte, serían formuladas por Ferdinand von Ende, Pierre-Simon Laplace y Jerôme Lalande. De hecho, cuando Piazzi comunicó sus propios datos al resto de los astrónomos en Europa y las distintas cartas llegaron a su destino, era ya demasiado tarde para que se realizaran nuevas observaciones: Ceres se encontraba en una dirección demasiado cerca de la posición del Sol, y permanecería invisible durante largos meses. Parte de la culpa la tuvo la lenta comunicación epistolar de principios del siglo XIX, y los propios conflictos bélicos iniciados por la revolución francesa. En cualquier caso, surgió una competición para determinar la órbita del nuevo planeta. ¿Quería Piazzi realmente reservarse no solo el descubrimiento sino también la determinación de la órbita? Probablemente solo quisiera ser cuidadoso y la lentitud de las comunicaciones fuera un factor que tampoco colaboró. Pero las críticas de sus colegas no fueron amables.

Los valores correctos serían calculados por Carl Friedrich Gauss, que tuvo que desarrollar un nuevo sistema, y aparecerían en «*Monatliche Correspondenz*» en diciembre. El día 7 de ese mes, Bode y Zach fueron capaces de volver a verlo. Heinrich Wilhelm Matthias Olbers lo haría justo un año después del descubrimiento. Para entonces, varias amistades, como las de Bode y Zach, se habrían roto.

Así, aunque el objetivo se cumplió, la «policía celeste» finalmente no jugó ningún rol en el proceso. En cuanto a Hegel, es posible que el caso le sirviese como incentivo. Después de todo Ceres, aunque sin llegar a ser planeta, existe.

■ FIGURA 86. EL MUNDO SEGÚN EL AUTOR ROMANO POMPONIO MELA, SIGLO I, REINTERPRETADO EN 1648. NACIÓ EN LA CIUDAD DE TINGENTERA, LA ACTUAL ALGECIRAS Y SU OBRA «DE SITU ORBIS LIBRI III» FUE ESCRITA APROXIMADAMENTE EN EL AÑO 43 DE NUESTRA ERA. EN ELLA APARECE UN CONTINENTE AL SUR, ANTICHTHONE O ANTI-TIERRA EN DONDE, PARADÓJICAMENTE, SE ENCONTRARÍAN LAS FUENTES DEL NILO. HA SIDO EXTRAÍDA DE «PARALLELA GEOGRAPHIAE VETERIS ET NOVAE», POR PHILIPPE BRIET. CON PERMISO DE REAL INSTITUTO Y OBSERVATORIO DE LA ARMADA (SIGNATURA 06553-06555, 85).

Simetrías: creando continentes

Claudio Ptolomeo, el conocido geógrafo y astrónomo de la Roma imperial, creó, imaginándola, la Antártida. Por supuesto que el conocido científico del siglo II de nuestra era no salió del Mediterráneo. Es incluso dudoso que viajara fuera del Egipto romano, su tierra, limitándose a recabar los relatos de viajeros, a compararlos con escritos ya an-

■ FIGURA 87. PÁGINA DE UN MANUSCRITO MEDIEVAL DEL TEXTO «DE NATURA RERUM» DE ISIDORO DE SEVILLA, QUIEN VIVIÓ EN EL SIGLO VII. SE PUEDE OBSERVAR EL CARACTERÍSTICO MAPAMUNDI «T EN O» EN LA PARTE INFERIOR DE LA ILUSTRACIÓN. CORTESÍA DEL BAYERISCHE STAATSBIBLIOTHEK (BSB CLM 396).

tiguos en su propio tiempo; a analizar de manera minuciosa. Pero en un ejercicio contrario a su empirismo, Ptolomeo, elaborando una idea de Aristóteles también presente en Pomponio Mela, avanzó que debería existir un continente al sur de África, que equilibraría el peso de Europa y Asia, localizadas al norte del Ecuador. Un continente austral: *Terra Incognita*, *Terra Australis Incognita* o, sencillamente, *Terra Australis*... y así se representa en los más modernos mapas a partir del siglo XVI, después del paso del cabo de Buena Esperanza o de las Tormentas por marineros portugueses (el primero fue Vasco da Gama) y la circunnavegación completa del globo por el español Elcano. Recordemos que Magallanes, líder inicial de la expedición, murió en las islas Filipinas y que fue Elcano quien, con unos pocos marineros en la nave Victoria, la restante de las cinco iniciales, consiguió arribar a España. Para Mela sería la anti-tierra o *antíchthone*, pero finalmente imperaría la denominación de Aristóteles: *antarktikos*, la masa terrestre opuesta a la del Norte, dominada por *arktos*, la constelación del Oso.

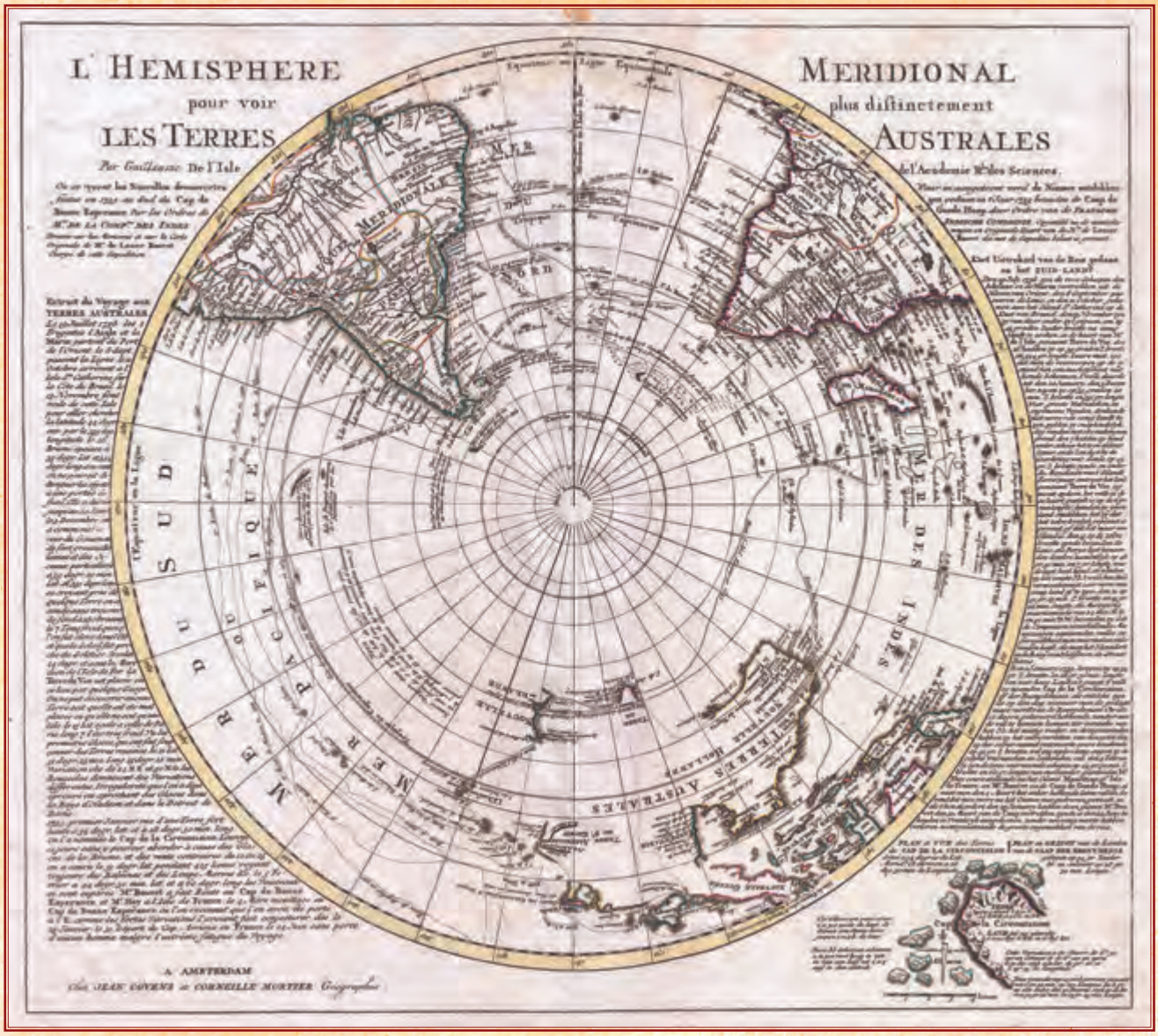
■ FIGURA 88. MAPAMUNDI DE ABRAHAM ORTELIUS, PUBLICADO EN 1579. EN ÉL SE INCLUYE UNA INMENSA TERRA AUSTRALIS INCOGNITA. CON PERMISO DEL REAL INSTITUTO Y OBSERVATORIO DE LA ARMADA (SIGNATURA 08897).

Estas aventuras ibéricas serían realizadas a pesar de que el conocimiento de la Antigüedad sería, en buena medida, enterrado durante la Edad Media. Basta un simple ejemplo: la concepción del mundo de Isidoro de Sevilla, en el siglo VI-VII y con la forma característica de «T en O»[7], quien incidentalmente introduciría el término de antípodas, y del Beato de Liébana, en el VIII, cuyas obras serían ampliamente difundidas y emuladas en el occidente europeo. Solo el redescubrimiento de los tratados grecolatinos, transmitidos por Bizancio y por autores musulmanes, permitieron reconstruir una imagen del globo mucho más acorde con la actual. Y los viajes hispanos y lusitanos citados, entre otros, permitieron un trazado reconocible de las costas de los continentes. Salvo por el misterioso continente austral.

En realidad hay que diferenciar entre el descubrimiento y exploración de Australia, denominada también Nueva Holanda hasta el siglo XIX, y el de la propia Antártida.

Las costas australianas serán avistadas muy pronto, incluso es posible que en el siglo XVI por marineros portugueses. Sin embargo no sería hasta el siglo XVIII cuando los primeros navegantes españoles, holandeses y británicos comprenderían que

7. Tres continentes separados por aguas en forma de «T», en una circunferencia que corresponde a la «O».



■ FIGURA 89. MAPA DEL HEMISFERIO AUSTRAL, TRAZADO EN 1739 A PARTIR DEL DE GUILLAUME DE L'ISLE Y ACTUALIZADO POR COVENS Y MORTIER. SE PUBLICÓ DOS AÑOS MÁS TARDE, EN 1741. EL PERFIL DE AUSTRALIA TODAVÍA NO SE ENCUENTRA COMPLETO, Y NO APARECE NINGÚN DETALLE, REAL O IMAGINARIO, DEL CONTINENTE ANTÁRTICO. CORTESÍA DE GEOGRAPHICUS RARE ANTIQUE MAPS.

Australia era una inmensa isla que formaba parte del más pequeño de los continentes, Oceanía.

La Antártida comienza a tomar forma con el globo terrestre de Johannes Schönner de 1520, y sobre todo con la interpretación del mundo de Franciscus Monachus en «*De orbis situ ac descriptione*» de 1527, realizada teniendo en cuenta la exploración realizada del extremo de América durante el viaje de Magallanes-Elcano y el avistamiento de Francisco de Hoces de tierra a 56 grados de latitud sur en 1526, al mando del buque San Lesmes durante la expedición de Loaísa a las Islas de las Especias, las Molucas.

El descubrimiento del continente antártico podría corresponder a Gabriel de Castilla, con ciertas reservas, quien en 1603 pudo haberlo avistado, o a Dirck Gerritszoon Pomp, en 1599, muy dudoso. Otro gran «inventor» del gran continente austral fue Pedro Fernández de Quirós, que confundió las islas Nuevas Hébridas con *Terra Australis*, tomando posesión de ella para su rey, Felipe III de España y II de Portugal bajo el nombre de Austrialia del Espíritu Santo, durante su viaje de 1605-1606. Sus memoriales, ampliamente distribuidos por Europa, contribuirían a extender y confirmar la conjetura de la realidad de estas tierras de promisión, impulsando de esta manera la exploración.

Hasta comienzo del siglo XIX, a partir de 1820, no se exploraría la costa antártica por marineros rusos, británicos, irlandeses y americanos: William Smith, William Shirreff, Edward Bransfield, Nathaniel Palmer, Fabian Gottlieb von Bellingshausen, Mijail Petrovich Lazarev, y James Weddell navegarían por sus aguas y finalmente se llegaría a circunnavegar y pisar el continente más austral.

Así, Ptolomeo se equivocó en su razonamiento deductivo, ya que las masas de tierra de la corteza terrestre no se equilibran las unas a las otras utilizando el Ecuador como apoyo. La Tierra, obviamente no es plana, como él ya sabía. Pero acertó una vez más, como en el caso de las fuentes del Nilo, intuyendo la existencia de las masas continentales australianas y antárticas.

■ FIGURA 90. MAPA DE 1906 CENTRADO EN EL POLO SUR. MUESTRA UN ESBOZO DE LAS TIERRAS AUSTRALES, Y PERTENECE A UN ATLAS EDITADO POR JUSTUS PERTHES SEE. PARTE DE LA COSTA DEL CONTINENTE YA SE ENCUENTRA PERFILADA. LA EXPLORACIÓN COMPLETA SE LLEVARÍA A CABO EN LAS DÉCADAS SIGUIENTES.

Nuevos límites para el Sistema Solar: los descubrimientos de Urano y Neptuno

URANO: PLUS ULTRA

El 13 de marzo de 1781 William Herschel, un músico germano afincado en el Reino Unido que mostraba una profunda afición a la astronomía, realizó un descubrimiento no del todo inusual: observó un objeto de naturaleza aparentemente cometaria, como anotaría en su diario. Lo encontró como consecuencia de un programa iniciado en agosto de 1779: una catalogación de todas las estrellas más brillantes que magnitud ocho (las estrellas visibles a simple vista tienen magnitud seis), con objeto de identificar los astros dobles. Lo que realmente perseguía era seleccionar una muestra de estrellas que no estuvieran asociadas físicamente entre sí para detectar el movimiento aparente de una respecto de la otra debido a la paralaje anual, y de ahí poder deducir por la distancia de la más cercana. El método de la astrometría relativa era un desarrollo suyo, y Charles Messier, un conocido astrónomo profesional, se pronunciaría sobre la misma con grandes elogios. Sin embargo, este programa no tendría éxito: no sería hasta 1838 que Friedrich Bessel determinaría la distancia a la estrella 61 Cygni. En cualquier caso, Herschel, en un extraordinario caso de serendipia, descubriría el séptimo planeta del Sistema Solar: Urano.

Herschel volvió a observar el nuevo astro el 17 junto con su amigo William Watson, y el 19 anotaría que se movía a una velocidad de 2,25 segundos de arco por hora. Se lo comunicó al padre de Watson, quien leyó una carta a la *Royal Society* el día 22. Entre el 29 de marzo y el 26 de abril se realizaron otras comunicaciones allí, en las cuales Herschel afirmaría que era capaz de distinguir un disco, como ya había notado la noche del primer avistamiento.

Sería Nevil Maskelyne, astrónomo real, quien distribuiría la noticia a otros astrónomos europeos, que se encargarían del seguimiento para verificar si el movimiento era tipo cometario, con velocidad cambiante y una órbita elíptica o parabólica, o planetario, que correspondería a una celeridad regular y una trayectoria circular o elíptica. Él fue el primero que sugirió que el nuevo astro era un planeta, en una carta a Watson fechada el 4 abril. En ella afirmó que: «*es un cometa o un nuevo planeta, pero muy distinto de cualquier cometa sobre el que he leído alguna descripción o he observado*».

Herschel creyó haber medido una paralaje diurna, lo que lo colocaría a una distancia más próxima que Marte, lo que probablemente confirmaría su naturaleza cometaria y hubiera relegado el descubrimiento del astrónomo aficionado a una nota a pie de página.

Sin embargo, serían numerosos los astrónomos continentales que lanzaron programas observacionales o iniciaron cálculos para determinar la órbita y así verificar que se trataba de un planeta: Ruggiero Boscovich, Angelo de Cesaris, Joseph-Jerôme de Lalande, Pierre F.A. Méchain, Barnaba Oriani, Jean Baptiste de Saron, etc. Se suele asumir que fue Anders Johann Lexell quien halló primero una solución cuasi-circular. Herschel había ganado un puesto en el olimpo astronómico.

Cuando se confirmó que el objeto era en realidad un planeta, Herschel, siguiendo indicaciones de Maskelyne, que temía que los franceses le dieran el nombre, realizó un ejercicio de sabiduría cortesana, proponiendo «*Georgium Sidus*» como nombre, homenajeando al rey George III. Lalande aventuró el propio nombre de Herschel, y este se utilizaría durante cierto número de años, sobre todo en la literatura científica francesa. Erik Prosperin avanzaría el de Neptuno. Como compromiso, Lexell sugirió «*Neptune de Grande-Bretagne*» o «*Neptune de George III*» y la idea llegó a gustar dentro de la flota británica, ya que conmemoraría las victorias navales en la guerra de la independencia americana. Curioso, dado que la supremacía naval la tuvo la flota española, esencial para la emancipación de lo que sería EEUU. Bernuilli añadiría las propuestas de *Hypercronius* y *Transsaturni*. La lista se completaría con los nombres de Minerva, Cibeles y Astraea, diosa mencionada por Ovidio. Finalmente Johann Elert Bode y Maximiliam Hell insistirían en la versión latinizada del dios heleno de los cielos, *Ouranus*, padre de Kronos (Saturno en Roma, progenitor a su vez de Júpiter), que quedaría transformado en el actual Urano. Los británicos tardarían 70 años en aceptar el nombre de manera oficial.

Bode también se percató de que Herschel no había sido el «descubridor», en el sentido de que existían registros de avistamientos anteriores, sin reconocer que se moviera y que fuera un planeta, un objeto «errante». Aparece pues, en varios catálogos, como si fuera una estrella. Son los casos de: John Flamsteed en 1690, 1712 y 1715; James Bradley en 1748, 1750 y 1753; Tobias Mayer en 1756; y Pierre Charles Le Monnier en 1750, 1768, 1769 y 1771. En este último caso, su posición fue registrada en al menos doce ocasiones, incluyendo cuatro noches consecutivas. La diosa Fortuna fue realmente esquiva para algunos.

Lo realmente curioso es que Urano es visible con el ojo desnudo, como es el caso de los satélites de Júpiter, descubiertos por Galileo Galilei y Simon Marius en 1610. Su brillo aparente, dependiendo de la posición relativa respecto a la Tierra, varía entre 5,9 y 5,21 magnitudes. En su momento óptimo, solo hay 2350 estrellas más brillantes en todo el cielo, incluyendo el austral, una cantidad asumible para la astronomía grecolatina e incluso babilónica, que dedicaron literalmente varios miles de años a la observación del cielo. Recordemos que el catálogo de Hiparco de Nicea del siglo II antes de nuestra era, el primero realizado, contenía posiciones de unas 850 estrellas visibles desde Rodas, donde probablemente trabajó el astrónomo heleno, y que solo existen 1825 objetos más brillantes desde esa localidad. El «Almagesto» de Claudio Ptolomeo, cuatro siglos posterior, contiene 1022 estrellas.

Aunque Herschel recibió inmediatamente reconocimiento por su trabajo, incluyendo la medalla Copley por parte de la *Royal Society*, esta le solicitaría de manera insistente explicaciones sobre cómo había realizado sus observaciones. También percibió el apoyo real, ya que en julio de 1782 George III le concedería una pensión de 200 libras anuales, una cantidad muy significativa, y un gran apoyo para sus investigaciones, incluyendo nuevos telescopios, lo que le permitió profesionalizarse, pasando a ser astrónomo del rey.

Y es que George III, ejemplo de monarca ilustrado, mostró una gran sensibilidad por la astronomía. Lalande, después de una visita al Reino Unido, remarcaría: «*el celo por la*

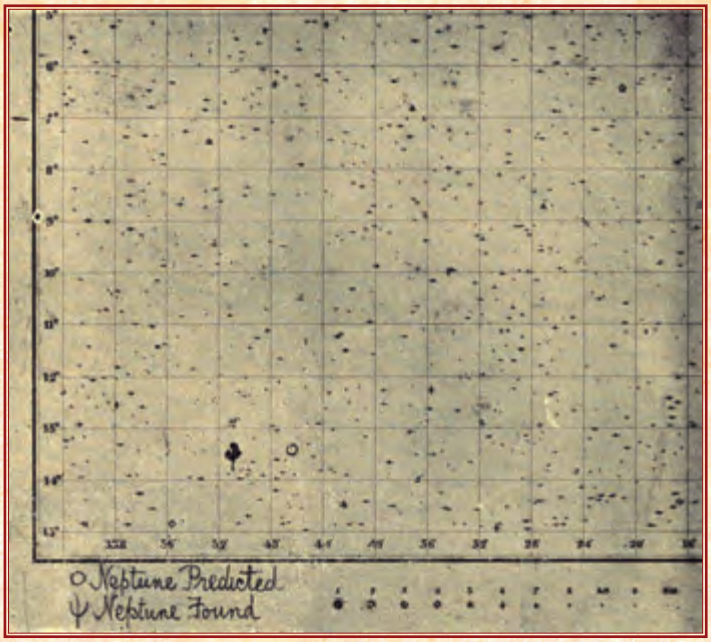
astronomía que el rey de Inglaterra posee» y escribiría que en 1788 le comentó que era mejor invertir dinero en telescopios que en matar hombres, refiriéndose a campañas bélicas. No es de extrañar que en el cambio de siglo fueran los británicos los que terminaran por alzarse como potencia hegemónica, dada su superioridad técnica y su predisposición hacia el conocimiento.

Por su parte, Herschel insistiría posteriormente en que el descubrimiento de Urano no fue casual, sino fruto de un programa de investigación sistemático, ya que al barrer todo el cielo registrando las posiciones de todas las estrellas dos magnitudes más débiles que Urano, inevitablemente lo hubiera encontrado. Cierto, pero dado que ya había sido registrado en varias ocasiones, de haber tardado algo más en centrarse en la región de Tauro, en donde también casualmente Giuseppe Piazzi descubriría el planeta enano Ceres en 1801, es posible que otro astrónomo hubiera tenido el privilegio de extender los confines del Sistema Solar. Sea como fuere, él inició una etapa, a la que otros astrónomos continentales e insulares le dieron renovados impulsos. Una labor colaborativa, como tantas otras en astronomía.

Si el descubrimiento de Urano es una historia compleja, el de Neptuno está lleno de giros rocambolescos, con un final verdadero sorprendente.

NEPTUNO Y LAS OTRAS «GUERRAS» CONTINENTALES

El 23 de septiembre de 1846 Johann Gottfried Galle recibió en Berlín una carta de su amigo Urbain Jean Joseph Le Verrier, en la que le proporcionaba las coordenadas de la región en la que debería buscar un misterioso objeto: el supuesto planeta perturbador de Urano, cuyas posiciones no se ajustaban del todo a las predichas por la mecánica newtoniana. Esa misma noche, después de obtener permiso de Johann Franz Encke, director del observatorio de esa ciudad, apuntó a la posición indicada por Le Verrier. Inicialmente no vio nada, pero su asistente, Heinrich Louis d'Arrest, le sugirió que comparesen las posiciones de todos los objetos que veían con una carta estelar recientemente completada en el observatorio. Para su fortuna y su fama, esa región ya había sido cartografiada y con esa información serían capaces de ver una estrella de octava magnitud que no se encontraba en el catálogo. Un «invitado» había hecho acto de presencia. La siguiente noche verificarían que el objeto se movía, confirmando su pertenencia al Sistema Solar: era el planeta cuya existencia había predicho Le Verrier. Habían alcanzado la gloria... pero la historia ni empieza ni termina ahí.



■ FIGURA 91. CARTA DE BÚSQUEDA DEL OBSERVATORIO DE BERLÍN, QUE USARON GELLE Y SU ASISTENTE D'ARREST PARA DETECTAR LA «ESTRELLA INVITADA»: NEPTUNO. EN LA CARTA SE ENCUENTRA MARCADA LA POSICIÓN PREDICHA POR LE VERRIER Y LA VERDADERA. TOMADO DE «ASTRONOMICAL DISCOVERY», DE HERBERT H. TURNER, 1904, CORTESÍA DEL HARVARD COLLEGE OBSERVATORY.

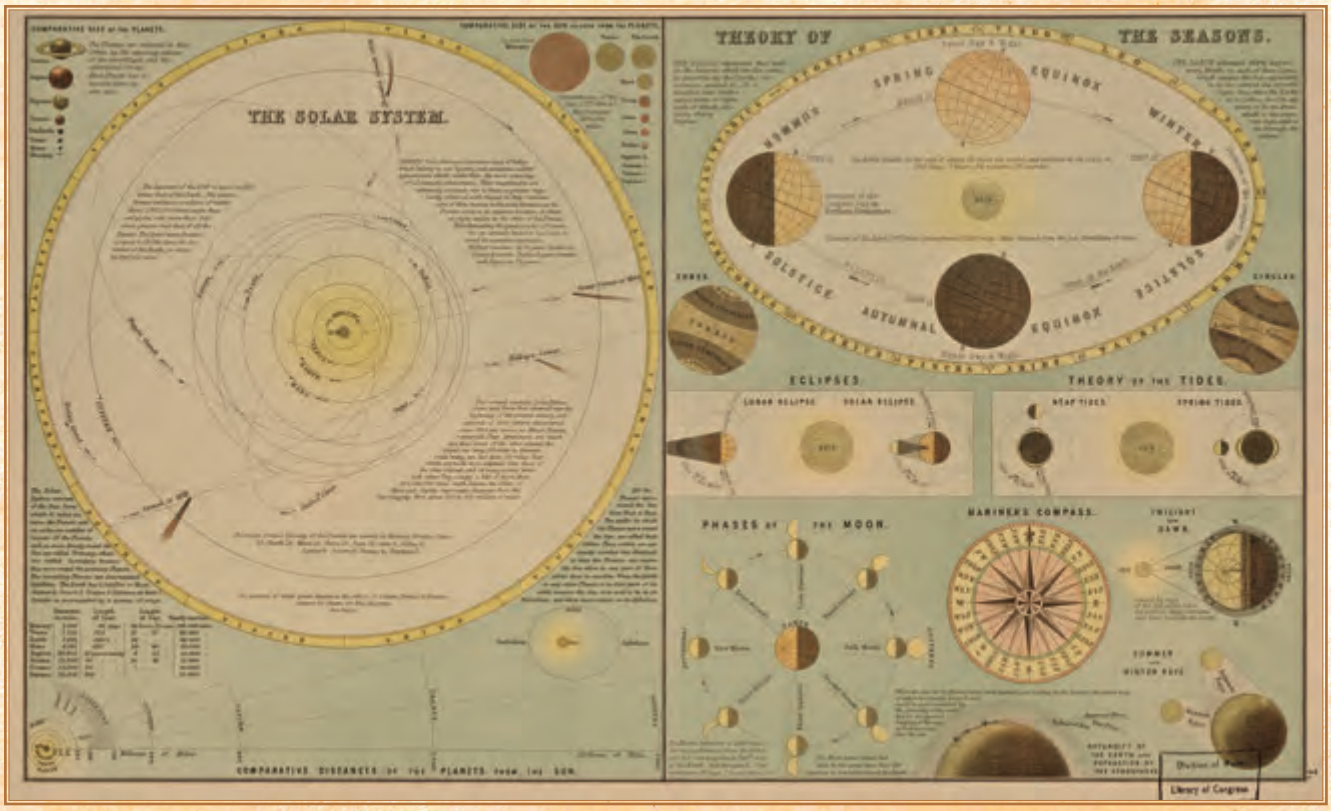
En 1781 William Herschel descubrió Urano y unos años más tarde, en 1801, Giuseppe Piazze identificó al planeta enano Ceres. Las órbitas de los dos satisfacen la regla de Titius-Bode, formulada por Johann Daniel Titius y popularizada por Johann Elert Bode. Con Ceres, se abrió la veda para la caza de objetos del Sistema Solar distintos a los cometas. Otros tres asteroides serían identificados en los siguientes años. Y la regularidad encontrada estimula asimismo la búsqueda de planetas más alejados que Urano, pero situados a distancias predeterminadas.

Cuando Alexis Bouvard publicó sus tablas con efemérides en 1821-1822, se percató de que las posiciones de Urano registradas antes de su descubrimiento en 1781 no se ajustaban a sus cálculos y de hecho decidió no utilizarlas. Él también perdió así una oportunidad única, ya que podría haber dado la primera señal de una anomalía en la órbita debida a

la presencia de un planeta exterior. Seis años después de la publicación de las tablas, se empezaron a notar las diferencias entre la predicción y la posición real en la que se encontraba el planeta.

Según George Biddell Airy, que estuvo implicado directamente en el descubrimiento de Neptuno, pero reclamó neutralidad en el proceso, Thomas John Hussey, un astrónomo amateur, fue el primero que sugirió la existencia de un planeta perturbador, en una carta fechada el 17 de noviembre de 1834. Pero en la misma carta, Hussey reconoció que ese asunto había sido discutido entre Bouvard y Peter Andreas Hansen, y este último había propuesto no uno, sino dos planetas perturbadores. Después de la publicación de las nuevas observaciones de Urano realizadas por Airy, este recibió una carta del sobrino de Bouvard el 6 de octubre de 1836. Se produjo entonces un intercambio de misivas, según el cual intentaron encontrar una causa que no requiriese un planeta externo. Buscaban, probablemente, la desviación de la ley de la gravedad de la dependencia cuadrática de la distancia para valores muy altos de esta. Sin embargo, la causa no estaba allí e Isaac Newton pudo descansar en su tumba.

El 13 de febrero de 1844 James Challis escribió a Airy solicitando datos para una joven promesa: John Couch Adams, quien había comenzado a trabajar el año anterior sobre la hipótesis de un planeta exterior que perturbase la órbita de Urano. Después de varios intercambios de cartas, Challis volvió a escribir el 22 de septiembre de 1845, comunicando que Adams le enviaría los resultados sobre el posible planeta. A finales de octubre Adams le dejó una nota a Airy en el observatorio de Cambridge, con sus resultados. Su planeta sería tres veces más masivo que el verdadero Neptuno y su periodo de revolución, derivado de la «ley» de Titius-Bode, un 44% superior. Con su teoría, sería capaz de reproducir las posiciones de Urano en los avistamientos antes de ser identificado como planeta, salvo en el caso de la primera, que fue la realizada por Flamsteed en 1690. Airy respondió agradeciendo el estudio el 5 de noviembre de 1845, y le formuló una cuestión a Adams relativa a la órbita de Urano, que este no llegaría a responder. Al menos no a tiempo para convencer a Airy e iniciar una campaña de búsqueda observacional en el Reino Unido.



■ FIGURA 92. EL NUEVO SISTEMA SOLAR EN 1885. SE REALIZÓ TRAS EL DESCUBRIMIENTO DE LOS OBJETOS DEL CINTURÓN DE ASTEROIDES, INCLUYENDO EL PLANETA ENANO CERES, Y URANO Y NEPTUNO. CORTESÍA DE LA BIBLIOTECA DEL CONGRESO DE EEUU (G3180 1885.A4).

Para caldear la situación, Juno, el quinto asteroide, sería descubierto el 8 de diciembre de 1845 por Karl Ludwig Hencke, varios meses antes que Neptuno. Indudablemente, eran tiempos excitantes.

Le Verrier publicó su teoría de las perturbaciones de Urano por Júpiter y Saturno el 10 de noviembre de 1845, que no pudo explicar las diferencias de posiciones de aquel. En otro estudio del 1 de junio de 1846, concluyó que solo la presencia de otro planeta daría cuenta de las variaciones. Cuando Aire recibió estos trabajos, se quedó convencido de la existencia del astro, porque comparó las posiciones calculadas con los resultados de Adams, que obraban en su poder, y comprobó que la diferencia entre la posición del nuevo objeto prevista por Adams y la de Le Verrier era solo de un grado.

Así, el 29 de junio, Airy propuso a John Herschel y a Challis el inicio de una búsqueda coordinada, haciendo una defensa muy intensa con una analogía con Colón viendo América desde las costas de España. El 9 y el 13 de julio Airy le pidió a Challis, nuevamente por carta, que empezase la búsqueda. Challis respondió el 18, aceptando, y comenzó su programa el 29 de julio. El 4 de agosto observó el planeta, pero no se percató de su naturaleza, porque incluyó en su búsqueda objetos de hasta magnitud 11, mucho más débiles que Neptuno. Un exceso de prudencia, que retrasaría todo su trabajo. Además, la ausencia de cartas de búsqueda le impediría reconocer al planeta, al carecer de referencias externas.

Entre finales de agosto y principios de septiembre Adams rehízo sus cálculos. Le Verrier presentó otra comunicación en Francia el 31 de agosto sobre el planeta perturbador, que llegaría varias semanas después al Reino Unido. El 29 lo recibió Challis y esa misma noche observó el planeta, ya reconocido como tal, en donde había predicho Le Verrier y anotó que se apreciaba como un disco, indicación de un tamaño medible, una signatura no estelar. Demasiado tarde, el 23 ya lo había detectado Galle desde Berlín y el día 1 de octubre lo anunció el periódico «*The Times*».

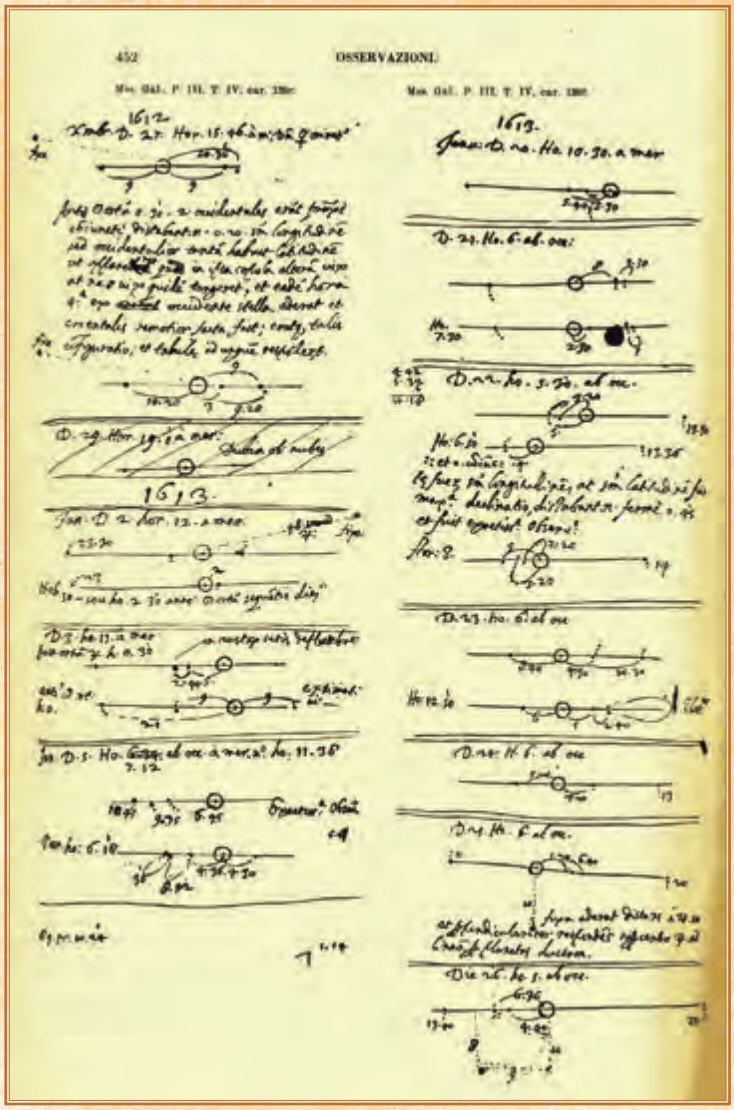
Posteriormente, Challis reexaminaría sus observaciones de principio de agosto y se daría cuenta de que vio a Neptuno el día 4 de ese mes, muchas semanas antes que Galle. Una gran oportunidad dilapidada. Pero no toda la honra británica se perdería: John Herschel, hijo de William Herschel, le sugerirá a William Lassell que buscase satélites. Este comenzó su campaña el día 2 de octubre, detectando a Tritón el día 10.

LA ESQUIVA DIOSA FORTUNA: AVISTAMIENTOS ANTERIORES

La de Adams y Callis no sería la única llamada de la diosa Fortuna que no fue respondida. De hecho, se puede decir que el descubridor de Neptuno no fue ni Galle ni Le Verrier. Tampoco Challis o Adams. Mucho antes, en 1795, solo catorce años después del descubrimiento de Urano, Lalande registró la presencia de Neptuno el 8 y el 10 de mayo como si fuera una estrella, pero al encontrar una variación en la posición, solo publicó el valor del día 10, dejando pasar una ocasión única. En este grupo de rechazados por las veleidades del azar también se encuentra John Herschel, que lo detectaría el 14 de julio de 1830, y Johann von Lamont, al menos en tres ocasiones: 25 de octubre de 1845, y el 7 y el 11 de septiembre de 1846. Para todos ellos la naturaleza planetaria de Neptuno pasó inadvertida.

Claro que la verdadera oportunidad, que probablemente hubiera cambiado la historia de la ciencia, y posiblemente de la filosofía en Occidente, la tuvo otro científico mucho antes, a comienzos del siglo XVII. Alguien que reina en el olimpo de la ciencia como uno de los científicos clave, tal vez incluso el más relevante: Galileo Galilei.

En el invierno compartido entre los años 1612 y 1613 Neptuno y Júpiter se encontraban alineados, proyectándose muy cerca el uno del otro sobre la esfera celeste. Galileo se encontraba observando los satélites de «su» planeta, registrando las posiciones relativas res-



■ FIGURA 93.
NOTAS DE GALILEO, CORRESPONDIENTES A SUS OBSERVACIONES DE LOS SATÉLITES JOVIANOS EN 1613. EN LA ESQUINA SUPERIOR IZQUIERDA APARECE DIBUJADO NEPTUNO REPRODUCIDO EN «LE OPERE DE GALILEO GALILEI», PUBLICADAS EN 1907.

pecto a Júpiter y las estrellas de fondo. Y Neptuno aparece en varios de sus diagramas. Claro que, al ser de tamaño angular muy pequeño y de brillo significativamente más débil, y al no disponer de catálogos estelares con posiciones precisas, que solo aparecerían mucho después, no fue capaz de reconocer que era un «intruso» errante. De hecho, anotó que parecía desplazarse, pero no continuó indagando en esa línea. En cualquier caso, Galileo tiene en su haber un número de descubrimientos más que suficiente. Un triunfo más en su dilatada carrera solo hubiera sido eso: una gema adicional en su ya rutilante corona.

Si no queda claro quién fue el descubridor de Neptuno, la historia del nombre tampoco es sencilla. En Francia se reclamó el derecho de Le Verrier a elegir uno. En un primer momento se propuso Neptuno, pero en el Reino Unido Challis seleccionó *Oceanus* mientras que Galle hacia lo propio con *Janus*. Le Verrier cambió de idea y le cedió el honor de poner la designación a François Jean Dominique Arago, su amigo y director del observatorio de París, quien correspondería al favor haciendo otro, adoptando el nombre de Le Verrier. Para presionar, los almanaques franceses reintrodujeron el nombre de Herschel para el séptimo planeta del Sistema Solar, mientras que Adams sugeriría que era el momento de adoptar la designación Urano en las publicaciones británicas. Friedrich Georg Wilhelm von Struve, director del observatorio de Pulkovo, en Rusia, apoyó decididamente desde el principio el nombre de Neptuno, que al final se asentaría.

¿Qué es un planeta?

PLANETAS Y OTROS OBJETOS EN EL SISTEMA SOLAR

El 24 de agosto de 2006, la Unión Astronómica Internacional (IAU), después de evaluar las diferentes propuestas presentadas en su reunión plenaria, decidió adoptar oficialmente una definición de planeta y de los otros cuerpos del Sistema Solar, según la cual:

1.- Es un planeta aquel objeto que: a) orbita alrededor del Sol, b) posee suficiente masa como para que su propia gravedad domine las fuerzas presentes como cuerpo rígido, se encuentra en equilibrio hidrostático y por tanto adopta una forma aproximadamente redondeada, c) y es el objeto claramente dominante en su vecindad, habiendo limpiado su órbita.

2.- Es un planeta enano aquel objeto que: a) orbita alrededor del Sol, b) posee suficiente masa como para que su propia gravedad domine las fuerzas presentes como cuerpo rígido,

se encuentra en equilibrio hidrostático y por tanto adopta una forma aproximadamente redondeada, c) no ha limpiado su órbita de otros objetos, d) no es un satélite de otro planeta.

3.- Cualquier otro objeto excepto los satélites, se deben denominar como pequeños cuerpos del Sistema Solar, incluyendo la mayor parte de los objetos transneptunianos.

■ FIGURA 94. LOS PLANETAS DEL SISTEMA SOLAR SEGÚN LA NUEVA DEFINICIÓN DE LA IAU, Y TRES PLANETAS ENANOS. CRÉDITO IAU.

Por tanto, dentro del Sistema Solar, solo existen ocho planetas: Mercurio, Venus, la Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno. Plutón, Ceres y Eris, descubierto en el 2005 y anteriormente conocido como 2003 UB313 y el desencadenante del cambio de definición, pasan a ser planetas enanos. Con posterioridad se han unido a esta categoría Haumea y Makemake, también localizados en los confines del Sistema Solar. Respecto a Plutón, pierde su estatus de planeta debido a varias características, entre las que se hayan: su órbita, altamente elíptica y fuera del plano de la eclíptica; la presencia de su compañero Caronte, descubierto en 1978, de tamaño y masa del mismo orden de magnitud, y la compañía de otros cuatro objetos de menor masa: Nix e Hidra, avistados por primera vez en el año 2005; Cerbero, anunciado en el 2011; y Estigia, un año después. Así, Plutón no cumple la condición 2c de la definición oficial de la IAU.

Por otra parte, Plutón, Eris, Makemake y Haumea, localizados en los confines del Sistema Solar, pertenecerían a una nueva categoría de objetos, los plutoides, de los cuales se espera encontrar varias decenas durante los próximos años. Hay otra categoría que incluye a esta, los objetos transneptunianos. Esto es, la órbita se encuentra más allá de la del planeta más alejado del Sol (técnicamente, el semieje mayor del TNO, por su acrónimo en inglés, es más distante que el de Neptuno). Hay más de 1000 objetos de este tipo censados en nuestro sistema planetario, con tamaños muy diversos. Eris posee un satélite, también descubierto en el 2005 y denominado Disnomia, por la hija de la diosa griega de quien toma nombre el planeta enano. Haumea, con nombre de la deidad tutelar de Hawaii, tiene dos satélites, Hi'iaka y Namaka, hijas de aquella.

■ FIGURA 95. ILUSTRACIÓN ARTÍSTICA CON CUATRO PLANETAS ENANOS LOCALIZADOS MÁS ALLÁ DE LA ÓRBITA DE NEPTUNO: ERIS, PLUTÓN, MAKEMAKE Y HAUMEA. APARECEN JUNTO CON SUS SATÉLITES Y OTROS DOS OBJETOS TRANSNEPTUNIANOS: SEDNA Y QUAOAR. LOS TAMAÑOS SON PROPORCIONALES Y POR COMPARACIÓN TAMBIÉN SE INCLUYE LA TIERRA.

EXOPLANETAS

Los ya más de mil exoplanetas confirmados descubiertos desde el año 1995 (incluso antes, si se incluyen los que orbitan alrededor de estrellas de neutrones) no están afectados por esta definición. Para ellos, la IAU acordó en el año 2003 una definición provisional, insa-

tisfactoria para muchos especialistas y que está sujeta a revisión. Así, un exoplaneta se caracteriza por:

Orbitar alrededor de una estrella o remanente de estrella (enana blanca, estrella de neutrones) y tener una masa inferior a trece masas de Júpiter. Esto es, no fusiona deuterio, un isótopo de hidrógeno, ni cualquier otro elemento químico. Por tanto, no produce energía a partir de este tipo de fuente.

Los objetos subestelares, con masas superiores a las de los exoplanetas pero inferiores a un 8% aproximadamente de la masa del Sol, se denominan enanas marrones. Se caracterizan por la ausencia de fusión de hidrógeno.

Los objetos aislados de masa planetaria (IPMOs por sus siglas en inglés, o planemos, o xebarcos, u oriones), con masa por debajo del límite de las trece masas de Júpiter, se deben denominar sub-enanas marrones o cualquier otro nombre que sea apropiada, salvo el de planeta.

El estrecho Anián: el mítico Paso de Noroeste

Tras la estela de los descubrimientos portugueses en África y Asia, y de los españoles en lo que sería pocos años después denominado América, Enrique VII de Inglaterra envió al marinero Giovanni Caboto a explorar las tierras más allá del Atlántico. También fue conocido como Juan en España, en donde vivió antes de trasladarse a Inglaterra. Caboto sería el primer europeo en arribar a las costas del noreste americano, tal vez Newfoundland o Labrador, en 1497, después de las fracasadas colonias vikingas del siglo XI. Repetiría la experiencia al año siguiente, con una pequeña flota de cinco barcos, pero nada más se sabría de él o de su tripulación. Es posible que Juan y su hijo Sebastián realizaran un viaje en 1494 bajo los auspicios de la corona de Castilla, pero la única evidencia es un mapa realizado por este último en 1544. Información poco fiable, dado que Sebastián, que no tomó parte en el malhadado último viaje de su padre, alternaría su lealtad con Inglaterra, en su intento de encontrar un paso por el norte hacia Asia, ejecutando un viaje en 1508-1509, y también entraría en negociaciones secretas con Venecia.

La competición entre Portugal y España por la vía hacia las Islas de las Especias y el nuevo mundo no estaría circunscrito al Pacífico o a la costa brasileña. En 1498 el rey lusitano Manuel I concedió el privilegio de explorar el Atlántico Norte, dentro de las limitaciones del Tratado de Tordesillas a João Fernandes Lavrador, quien junto con Pêro de Barcelos cartografiaron las costas del suroeste de Groenlandia y la península de Labrador, tierra que, incidentalmente, estaban dentro de la delimitación española según el tratado de Tordesillas, de 1494. Fueron los primeros que proporcionaron información sobre estas regiones en Europa. Para asegurarse sus derechos, recibió una patente de Enrique VII de Inglaterra. Lavrador volvería al Norte en 1501 para no regresar jamás. Portugal continuaría la búsqueda con

■ FIGURA 96: EL SEPTENTRIÓN SEGÚN GERARDUS MERCATOR A MEDIADOS DEL SIGLO XVI.
LA HIPOTÉTICA REPRESENTACIÓN APARECIÓ EN «SEPTENTRIONALIUM TERRARUM DESCRIPTIO», QUE FUE EDITADA POR SU HIJO EN 1595, AUNQUE ESTE MAPA FUE IMPRESO EN 1623. EL CONOCIDO COSMÓGRAFO SE BASÓ EN EL RELATO EL «ITINERARIUM» DE JACOBUS CNOYEN, QUIEN A SU VEZ SE FUNDAMENTÓ EN EL «INVENTIO FORTUNATA», ESCRITO POR UN FRANCISCANO DE OXFORD EN LA SEGUNDA MITAD DEL SIGLO XIV. AMBOS TEXTOS ESTÁN PERDIDOS. OTROS ANTECEDENTES SE ENCUENTRAN EN EL MAPA DE JOHANNES RUYSCH DE 1507, EL MÁS CONOCIDO DE MARTIN WALDSEEMÜLLER DEL MISMO AÑO, Y EL DE ORENTIUS FINAEUS DE 1531.

la expedición de Gaspar Corte-Real de 1500 a Newfounland, seguida de otra al año siguiente en la que desaparecería, después de enviar de regreso dos carabelas. Su hermano Miguel retornó en 1502 para realizar una doble búsqueda, pero tuvo la misma suerte que aquel y no se volvieron a tener más noticias. Ante tales fracasos, y dado que Vasco da Gama había llegado y regresado de la India en 1499, los portugueses abandonaron, sabiamente, la opción ártica.

■ FIGURA 97: MAPAMUNDI DE MARTÍN WALDSEEMÜLLER, PUBLICADO EN 1507. EN ÉL FIGURAN DOS PASOS HACIA ASÍA EN EL HEMISFERIO NORTE. ADEMÁS INCLUYE UNA REPRESENTACIÓN DE AMERIGO VESPUCCI O AMERICO VESPUCIO. ESTE MAPA, JUNTO A LAS CARTAS Y EL «MUNDUS NOVUS» DE VESPUCIO, SERÍA DETERMINANTE PARA DAR NOMBRE AL NUEVO CONTINENTE. GERARDUS MERCATOR PONDRÍA DENOMINARÍA «AMERICAE» A LOS DOS SUBCONTINENTES EN SU PRIMER MAPAMUNDI, DE 1538. CORTESÍA DE LA LIBRERÍA DEL CONGRESO DE EEUU (G3200 1507 .W3).

El emperador Carlos I, ante la posibilidad de encontrar un paso más rápido hacia el Pacífico que la peligrosa ruta abierta por Magallanes y Elcano, autorizó a Esteban Gómez o Estêvão Gomes a explorar la costa al norte de Cuba. En su viaje de 1524-1525, alcanzó hasta Nova Scotia, en Canadá, demostrando que no existía el paso representado en los mapas de Martín Waldseemüller, Pedro Apiano o Johannes Ruysch. Durante mucho tiempo, gran parte de la costa noroeste de América se conocería como Tierra de Esteban Gómez.

Toda la información en manos de la Casa de Contratación de Sevilla sería codificada en un mapa secreto y oficial, que sería producido por Diego Ribera o Diogo Ribeiro en 1527. Sin embargo, dada su naturaleza, solo estaba disponible para los pilotos españoles.

Pocos años más tarde, tras haberse descubierto el Pacífico por parte de Núñez de Balboa y realizado el primer viaje de circunnavegación del globo, el sempiterno enemigo de España entraría en juego: Francisco I de Francia comisionará a Giovanni da Verrazano en 1523, que partió al año siguiente y recorrió gran parte de la costa este de lo que ahora es EEUU y Canadá.

El impulso francés continuaría con los tres viajes de Jacques Cartier, entre 1534 y 1542, que descubrirá el golfo y río de San Lorenzo, que sería utilizado para penetrar en las tierra canadienses.

Tras la conquista del Imperio azteca por Hernán Cortés, este intentó participar en el comercio con las Indias Orientales, enviando varias expediciones marítimas hacia el Oeste. La de Diego Becerra de 1533 descubrió la península de Baja California, que recibiría ese nombre por la mítica isla de California, descrita en una novela de 1510, «Las Sergas de Esplandián», de Garci Rodríguez de Montalvo. En 1539 es Francisco de Ulloa, nuevamente por orden del conquistador, quién navegó por el «mar de Cortés» en su búsqueda del paso

■ FIGURA 98: EL POLO ÁRTICO EN 1562. MAPA PERTENECIENTE A LA COLECCIÓN «HET VIJFDE DEEL DEO GROOTEN ATLAS VERBATENDE DE WATER-WEERELD», DE JOHANNES JANSSONIUS. CON PERMISO DEL MUSEO NAVAL (SIGNATURA: A-10192-V.5).

de Anián, y probablemente certificó que la supuesta isla, otro «paraíso», estaba unida al continente.

A partir de ese momento, los intentos para descubrir el hipotético paso se alternaron entre viajes desde el Atlántico y el Pacífico, e incluyeron descripciones de éxitos, como la de Lorenzo Ferrer de Maldonado, que probablemente es una ficción de este curioso personaje, o directamente apócrifas, como el caso de Bartolomé de Fonte, seguramente invención de un editor inglés en 1640, pero que añadirían notable confusión al proceso descubridor.

En el Pacífico, Fernando de Alarcón, en 1540, recorrió el golfo de California y sería el primero en navegar por el río Colorado, en un intento de apoyar la exploración terrestre de Francisco Vázquez Coronado, que buscó las siete ciudades de oro del quimérico reino de Cíbola. Dos años más tarde, Juan Rodríguez Cabrillo, también tras la mítica Cíbola y el estrecho de Anián, recorrió toda la costa de California y es probable que alcanzase Oregón. Juan de Fuca continuaría la exploración de la costa del Pacífico norteamericana en 1592, buscando el paso.

Desde Europa los ingleses continuarían lanzando expediciones hacia el noroeste: Martin Frobisher inició el primero de sus tres viajes en 1576, alcanzando la isla de Baffin. Los viajes continuarían con exploradores como John David en 1585, 1586 y 1587 en la costa de Groenlandia, Labrador, la isla de Buffin y la entrada del estrecho del Hudson.

Desde Acapulco partiría Sebastián Vizcaíno en 1602. Recorrerá la costa de California con objeto de encontrar puertos seguros en los que pudiera recalar el galeón de Manila en su viaje de regreso, de ser desviado al norte. Junto con otros viajes en el Pacífico que ocurrirían en los primeros años del seiscientos, se cerró esta etapa de la exploración española. Tal vez saciado de conquistas y descubrimientos, en casi perpetua crisis financiera, el imperio parece haber llegado a sus límites exteriores, físicos y humanos.

En el Noreste, Henry Hudson navegó el río que lleva ahora su nombre en 1609, pero en su subsiguiente viaje más al Norte, al año siguiente, pasaría por el estrecho y la bahía que también le honran, para perecer en su punto más meridional, la bahía James, tras ser abandonado por la mayoría de sus hombres después de un motín. Thomas Button alcanzó el río Nelson, en donde invernaría, y, en su periplo de 1612-1613, exploró parte de la costa oeste de la bahía de Hudson. Robert Bylot, que participó en las expediciones de Button y Hudson, recorrió junto a William Buffin la bahía que lleva el nombre de este último, alcanzando el punto más al norte hasta aquel momento y que no se superaría hasta dos siglos después, y concluyeron que la bahía del Hudson no era el acceso al Paso del Noroeste. Este ciclo inglés se cerraría con los viajes de Luke Foxe y Thomas James en 1631.

En 1609 los noruegos se sumaron a la búsqueda con los intentos de Jens Munk: primero en el mar de Barents hacia el este, y en 1619 en Canadá, en la bahía de Hudson hasta el río Churchill. Como en tantas aventuras, muchas vidas se perderían y solo regresarían dos hombres con él. Transcurriría justo un siglo hasta que James Knight alcanzase la parte

más extrema de la bahía de Hudson, en Marble Island, pero después de probablemente embarrancar sus dos buques, él y su tripulación se verían forzados a invernar allí, donde terminarían por morir.

■ FIGURA 99: LA COSTA NORDESTE DE ASIA EN 1610, POR JOCONDUS HONDIUS. CORRESPONDE A UN FRAGMENTO DE UN MAPA DE «ASIAE NOVO DESCRIPTIO AUCTORE JODOCO HONDIO», Y EN ÉL FIGURA DE MANERA MUY APROXIMADA EL PERFIL DEL CONTINENTE Y EL MÍTICO ESTRECHO DE ANIÁN QUE SEPARABA A ESTE CONTINENTE DEL AMERICANO.

La Rusia zarista se incorporó como actor bastante pronto a esta carrera exploratoria. Primero con el ignorado viaje de Semyon Ivanovich Dezhnyov, quien en 1648 llegó al punto más extremo de Asia, el cabo que lleva su nombre, sin darse cuenta de que con ello demostraba que Eurasia y América eran dos masas continentales no conectadas. Mucho más tarde, Vitus Bering, en su primer periplo de 1727-1730, no llegó a probar más allá de toda duda la separación entre ambos continentes. Falleció en su segunda expedición, en 1741, tras haber cruzado a América, en la isla que se denomina con su nombre. Antes, en 1732, Mikhail Spiridonovich Gvozdev descubriría el estrecho que también lleva el nombre de aquel, el verdadero acceso hacia el Atlántico: el estrecho de Bering.

En 1741 los británicos retomaron su espíritu exploratorio. Christopher Middleton alcanzaría un punto más al norte en la salida de la bahía del Hudson, entraría en la bahía Wager, alcanzaría el estrecho Roes Welcome que separa el continente de la isla de Southamton y sería forzado a detenerse en su punto más septentrional, la bahía Repulse. Cinco años más tarde William Moor y Francis Smith no conseguirían pasar de la factoría York. En un viaje terrestre de dos años, desde 1770 hasta 1772, Samuel Hearne alcanzó las aguas del Ártico en el río Coppermine, demostrando que no existe paso al sur de esta posición. Desde el Pacífico, James Cook, en su tercer viaje que resultaría ser el último al morir en Hawaii, exploró toda la costa desde California hasta el estrecho de Bering en 1778, que no pudo traspasar pese a los varios intentos.

■ FIGURA 100: CURIOSO MAPA DE DIDIER ROBERT DE VAUGONDY IN 1772. PUBLICADO EN «CARTE GENERALE DES DECOUVERTES DE L'AMIRAL DE FONTE ET AUTRES NAVIGATEURS ESPAGNOLS, ANGLOIS ET RUSSES POUR LA RECHERCHE DU PASSAGE A LA MER DU SUD», Y TOMADO A SU VEZ DE JOSEPH-NICHOLAS DE DELISLE, DE 1762, ESTÁ BASADO TANTO EN LOS RESULTADOS DE EXPEDICIONES REALES COMO EN LA FABRICACIÓN INGLESA SOBRE EL SUPUESTO ALMIRANTE ESPAÑOL DA FONTE.

La pasión exploratoria también sería recuperada por la España ilustrada de Carlos III y su hijo Carlos IV, con diez expediciones entre 1774 y 1792. La nueva etapa se iniciaría con las expedición de Juan José Pérez Hernández de 1774, con instrucciones de llegar a latitud 60 grados norte, que no cumpliría, y estaba motivada por la posible presencia de comerciantes rusos en Alaska. Se continúa con la de Bruno de Heceta y Juan Francisco de la Bodega y Quadra de 1775, que

alcanzaría los 59 grados norte y exploraría las costas de lo que posteriormente serían estados de Oregón y Washington. En 1779 Ignacio de Arteaga sobrepasó los 60 grados norte, al alcanzar Valdez y tomar posesión de lo que llamaría puerto de Santiago. Realizarían un cartografiado completo hasta 58 grados 30 minutos norte. La expedición de Esteban José Martínez y Gonzalo López de Haro de 1788, que sí contactaría con los asentamientos rusos, alcanzó el punto más al oeste de la costa norteamericana.

Hasta 1793, el resto de las misiones españolas continuó la labor exploratoria de la costa y de toma de posesión de distintos puntos con objeto de asegurar la soberanía, pero ya no parece haber una búsqueda activa del Paso del Norte, sino un juego estratégico con británicos y rusos por la primacía, algunos resueltos en las convenciones de Nutka. A la postre, no tardaría en perderse todo el territorio: la revolución francesa estallaría en 1789, y las guerras continentales y napoleónicas alterarían el orden europeo. De la nueva situación España saldría muy malparada y terminaría cediendo sus derechos a la nueva potencia emergente, los EEUU, en el tratado Adams-Onís de 1821. Para entonces gran parte de las colonias habrían declarado su independencia y el trienio liberal terminaría por cerrar ese capítulo, al perderse la capacidad de intervenir en el otro lado del Atlántico y tener otras prioridades. Aun así, merece la pena listar los últimos viajes: Martínez y Haro en 1789 al Nootka Sound, para evitar el avance de los asentamientos rusos y que iniciaría un grave incidente con los británicos; el asentamiento de una base allí por parte de Francisco de Eliza en 1790; las expediciones de Salvador Fidalgo y de Manuel Quimper ese mismo año y nuevamente Eliza en 1791; Dionisio Alcalá Galiano y Cayetano Valdés y Flores en 1792; Jacinto Caamaño en 1792 y, finalmente, Francisco de Eliza y Juan Martínez y Zayas en 1793.

Las misiones rusas se continuarían con el viaje de Joseph Billing, astrónomo que había viajado con Cook entre 1785 y 1794, de escasos resultados. Como proseguirían las británicas con el viaje de George Vancouver, entre 1791 y 1795, quien determinó, como lo harían de manera independiente las expediciones españolas, con las que interactuaría intercambiando información, que no podía existir un paso al sur del estrecho de Bering.

La situación tal vez se pueda sintetizar en la negociación entre Bodega y Quadra con Vancouver en 1792. De común acuerdo dieron el nombre de isla de «Quadra y Vancouver» a la que ahora solo tiene el apellido del segundo. Así, de tantos accidentes geográficos nominados por los españoles, muy pocos permanecerán en los mapas actuales.

El ciclo se cerrará con la más famosa expedición de la ilustración española: el viaje de circunnavegación de Alejandro Malaspina y José de Bustamante y Guerra, que duró desde 1789 hasta 1794 y que no se llegaría a completar aunque obtendría una ingente cantidad de datos desde Sudamérica hasta Oceanía, pasando por Alaska. Tan ambiciosa empresa tendría un triste colofón, ya que Malaspina se involucraría en política al regresar a la península y terminaría pasando varios años encarcelado. La colección casi sería destruida y no se publicaría hasta 1885, aunque para los datos astronómicos y los de historia natural sería demasiado tarde: ya se habrían perdido.

La verdadera «conquista» del Paso del Norte se realizaría en el siglo XIX. Se inició con la exploración por parte de Otto von Kotzebue del mar de Chukchi, más allá del estrecho de Bering en el trienio 1815-1818. Pero el verdadero impulso lo proporcionaría el Almirantazgo británico y la energía de un hombre: John Barrow, segundo secretario de esta institución entre 1804 y 1845 y verdadero impulsor de la búsqueda del Paso del Noroeste y del comienzo de la exploración centroafricana. El Almirantazgo, con objeto de evitar el peligroso estrecho de Magallanes o el paso de Drake, invirtió una ingente cantidad de dinero para cartografiar la región al norte de Canadá y encontrar un paso hacia el Oeste. Numerosas expediciones se quedaron varadas durante uno, dos y tres años por las duras condiciones, y por la imposibilidad de penetrar el mar helado aún durante el verano ártico. Algunas se perderían y se convertirían en mitos que impulsarían misiones de rescate y de exploración.

Desde el Atlántico, por mar, se enviaron las expediciones lideradas por John Ross en 1818 y 1829-1833, y Edward Parry en 1819-1820 y 1821-1823. Por tierra, las de John Franklin en 1819-1822 y 1825-1827, George Back en 1833-1835, Peter Dease y Thomas Simpson en 1837-1839, que cartografiaron la costa ártica. Al final del proceso, solo quedaba una pequeña sección del Paso del Noreste en las sombras.

El viaje marítimo de Franklin, iniciado en 1845, tenía como objetivo cruzar finalmente al Pacífico. Pero después de su avistamiento por un ballenero en julio de ese año, no se volvería a verlos. El misterio desencadenaría una serie de campañas de búsqueda, hasta 40, proporcionando un impulso renovado. Eventualmente se sabría que Franklin estuvo muy cerca de alcanzar el éxito, pero se quedaría encallado en el hielo cerca de la isla King William, y fallecería en 1847, al igual que el resto de sus hombres.

Robert McClure consumará la conexión entre el Atlántico y el Pacífico en su viaje entre 1850 y 1854, recorriendo el estrecho del Príncipe de Gales, en un viaje que supondría recorrer en trineo en algunos momentos mares helados. Sin embargo, la primera travesía marítima complete fue realizada por Roald Amundsen con su barco Gjøa entre 1903 y 1906. Quién, curiosamente, alcanzaría el Polo Sur por primera vez en 1911, a pie, batiendo a Robert Falcon Scott, y el Polo Norte en 1926, utilizando un dirigible. El planeta, al menos su superficie, había dejado de ser un desconocido.

Cartógrafos y exploradores: Ptolomeo y las fuentes del Nilo

Los «Montes de la Luna», también denominados Ruwenzori, son parte del sistema montañoso que domina el África ecuatorial, y es el verdadero origen del río Nilo, o al menos de uno de sus brazos, y de varios de los lagos de la región, conformando varias de las arterias principales del continente. El nombre proviene de Claudio Ptolomeo o Claudios Ptolemaios, quien describió una cadena montañosa cubierta de nieve al sur de Egipto, a la que bautizó como *Selenes oros, Lunae Montes* en latín. El Ruwenzori siempre ha sido una región mítica, presente en el imaginario de culturas antiguas, pero cuya identificación y exploración no se produciría hasta el siglo XIX. Como ocurriría con la mayor parte del interior de África. Sería, pues, una de las últimas fronteras para la geografía europea.

■ FIGURA 101: MAPAMUNDI DE AL IDRISI DE 1152, TABULA ROGERIANA. FUE COPIADO EN 1553 EN «BOOK OF PLEASANT JORNEY INTO FARAWAY LANDS» Y ESTÁ BASADO EN LA DESCRIPCIÓN DEL MUNDO DE ESTE CEUTÍ, QUIEN A SU VEZ ESTARÍA INSPIRADO EN LA DESCRIPCIÓN DEL ECÚMENE DE CLAUDIO PTOLOMEO EN SU TRATADO «GEOGRAFÍA», DEL SIGLO II. EL NILO NACE EN MONTAÑAS Y LLEGA A EGIPTO TRAS PASAR POR GRANDES LAGOS, COMO OCURRE EN LA REALIDAD. CON PERMISO DE BODLEIAN LIBRARY, OXFORD UNIVERSITY (MS. POCOCKE 375, FOL. 3B-4A).

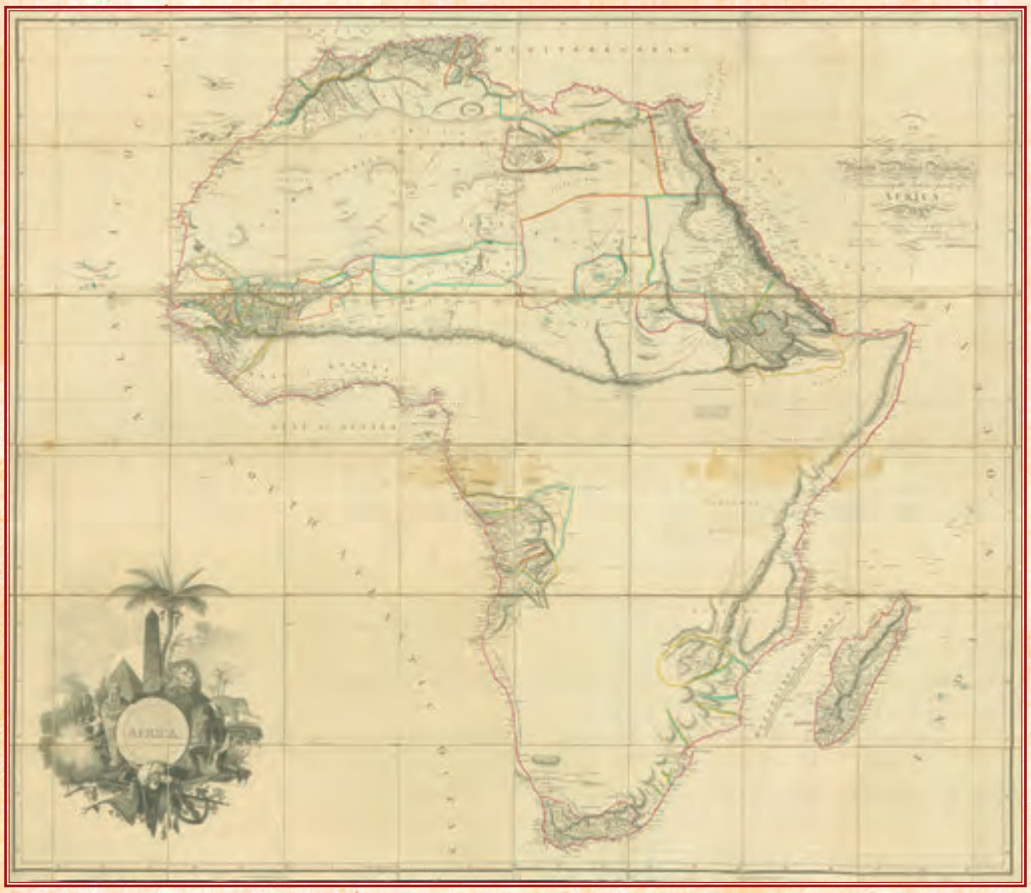
De hecho, el primer mapa de la región fue realizado por Ptolomeo. Astrónomo, óptico, geógrafo, matemático y teórico de la música egipcio, que vivió en el segundo siglo de nuestra era. Entonces Egipto era una provincia romana, pero la tradición erudita griega seguía viviendo allí, en donde destacaba la biblioteca de Alejandría, destruida más tarde por las turbas cristianas alentadas por el patriarca Teófilo en el año 391, cuyos depósitos fueron dañados o incluso parcialmente destruida en el año 48 antes de la era común durante las guerras civiles del imperio debidas a la ambición de Julio Cesar. De aquella rica tradición bebió Ptolomeo, uno de los últimos sabios de la Antigüedad, que dejó un inmenso legado en diversas disciplinas, que parcialmente ha llegado hasta nosotros y que

durante la Edad Media fue parte esencial del cuerpo de conocimiento de Occidente. Entre otros trabajos, publicó un catálogo de objetos celestes, con posiciones precisas de las estrellas visibles, y tablas para calcular la apariencia del cielo en cualquier fecha, que no serían mejoradas hasta la publicación de las Tablas Alfonsinas por la Escuela de Toledo en el siglo XIII , a su vez insuperables hasta 1627. Gran defensor de la teoría geocéntrica (para ser más preciso geoestática, la denominada teoría tolemaica), según la cual nuestro planeta estaría en el centro del universo, inmóvil, una de sus obras más notables fue el Almagesto (cuyo nombre original es «sintaxis matemática», más tarde denominada grandísima para diferenciarla de otras obras menores, o *maghiste* en griego, y de ahí el *Al-Magesto* árabe). De la obra tolemaica destacan la completitud de sus fuentes, la coherencia y la verificación por su propia experiencia cuando era posible.

Este primer mapa de África no ha llegado hasta nosotros en su versión original, lamentablemente, si es que realmente llegó a existir. Aunque sí parece cierto que Ptolomeo manejo numerosos mapas de la Antigüedad. En cualquier caso, él localizó las fuentes del Nilo diez grados al sur del Ecuador, cuando están justo sobre él, y las describe con dos lagos y dos montañas. También calculó las dimensiones del planeta, sensiblemente más pequeñas a las reales, valor que utilizó Cristóbal Colón para organizar su viaje a América. Existen numerosas copias o interpretaciones del texto de Ptolomeo realizadas a partir del siglo XV. En cualquier caso, en casi todas ellas se puede observar la presencia de grandes lagos al sur de Egipto, junto a una cadena montañosa. De esta región parten varios ríos. La localización exacta y la disposición de los accidentes geográficos varían de mapa a mapa, dependiendo de lo detallado del mismo y de la propia imaginación y fidelidad del copista/interpretador. Pero lo que parece ser un hecho incontrovertible es que Ptolomeo, hace 1800 años, conocía las fuentes del Nilo, probablemente a raíz de relatos de viajeros, principalmente griegos, que recorrieron el área.

■ FIGURA 102: MAPA DEL CONTINENTE AFRICANO SEGÚN VAN SCHAGEN, IMPRESO EN ÁMSTERDAM EN 1689. AUNQUE EL TRAZADO DE LAS COSTAS ES BASTANTE PRECISO, EL DESCONOCIMIENTO DEL INTERIOR DE ÁFRICA ES CASI COMPLETO Y EL NACIMIENTO DEL NILO APARECE SITUADO EN LAGOS AL SUR DEL ECUADOR.

Estos mapas, y las leyendas que se generaron alrededor de los mismos, dieron lugar a una de las búsquedas más apasionantes, audaces y en ocasiones crueles, de los siglos XVIII y XIX, la del origen del río Nilo. Grandes exploradores, entre los que destacan David Livingston, Henry Stanley, Richard Burton, John Speke, James Grant, Samuel y Florence Baker, etc, se afanaron, lucharon y murieron por encontrar el preciso lugar donde nace el río y, en cierta medida, nuestra civilización, dado el papel del Nilo en el desarrollo de la cultura del antiguo Egipto. Una búsqueda que cubría los espacios en blanco dejados hasta ese momento en los mapas de entonces. Nos referimos en cualquier caso al Nilo Blanco. Al otro Nilo, el Azul, que nace en el lago Tana, en Etiopía y se une con el Nilo Blanco en Jartún (Sudán), le corresponde otra historia.



■ FIGURA 103: LOS VACÍOS DE ÁFRICA EN 1802.
LAS NUMEROSAS REGIONES DESCONOCIDAS, ENTRE OTRAS LOS ORÍGENES DE LOS PRINCIPALES RÍOS AFRICANOS, QUEDAN CLARAMENTE DE MANIFIESTO EN LA REPRESENTACIÓN DE AARON ARROWSMITH, PUBLICADA EN FILADELFIA.

Finalmente Speke fue el gran ganador, ya que «descubriría» en solitario el lago Victoria el 3 de agosto de 1858, afirmando ya entonces que eran las fuentes del Nilo, pese a haber llegado solo a su orilla sur, y alcanzaría el punto donde el lago Victoria cede sus aguas al incipiente Nilo, en el norte, junto a la ciudad ugandesa de Jinja, el 28 de julio de 1862, en una ulterior expedición junto a Grant. Sin embargo, el descubrimiento de Speke, aunque aceptado con reticencias por la comunidad internacional (en realidad por la *Royal Geographical Society* británica, verdadera árbitro en estas cuestiones hasta el siglo XX), fue causa de la pérdida de la amistad de Burton, en un triste episodio de celos por la prioridad y la validez del descubrimiento, y tal vez del posible suicidio de Speke cuando la *Royal Geographical Society* propuso un careo entre los dos.

Gran parte del volumen de agua que conduce el Nilo es aportado esencialmente por la lluvia, prácticamente incesante, que cae en la región de los Montes de la Luna, localizados entre Uganda, la Republica Democrática del Congo y Rwanda, aguas que también alimentan a los lagos Albert, Edward y George. Sin embargo, se asume que la fuente más alejada se localiza en Burundi, en el río Ruvyironza, afluente del Kagera, que a su vez desemboca en el lago Victoria, aunque otros afluentes u otros nombres son posibles como origen último. Este descubrimiento es debido a Oscar Baumann, quien remontó desde el lago Victoria hasta las últimas fuentes en 1891-1898. En cualquier caso, aún hoy en día se disputa este origen, situando el nacimiento de las primeras aguas en Rwanda, y que por lo tanto se encontraría aún más cerca del Ruwenzori.

En cuanto a la cadena montañosa, al Ruwenzori, fue explorado en gran detalle justamente hace un siglo por Luís Amadeo, nacido en Madrid y vástago del efímero rey de España Amadeo de Saboya. El equipo de Luís Amadeo, uno de los padres del alpinismo moderno, incluso llegó a realizar observaciones astronómicas desde allí.

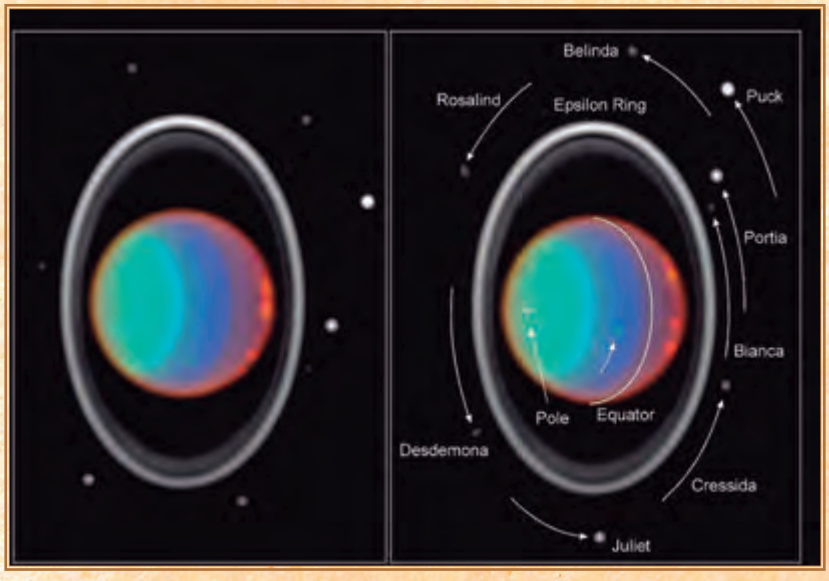
Volviendo a Ptolomeo, su Geografía influyó en todos los mapas publicados en Occidente hasta 1570, cuando Abraham Ortelius publicó el «*Theatrum Orbis Terrarum*», que

es, al decir de los expertos, el primer atlas que da cuanta del mundo moderno, con datos actualizados con las exploraciones oceánicas de españoles y portugueses, y que inmediatamente sería seguido por el de Gerhardus Mercator, cuya proyección se sigue utilizando en la actualidad. A pesar de todo, seguimos siendo herederos de Ptolomeo, pues continuamos usando su método para localizar un punto en el globo, con la latitud y la longitud, y en la esfera celeste.

Los anillos de Urano y otros casos de Serendipia

Contrariamente a los anillos de Saturno, reconocidos como tales por Christiaan Huygens en 1659, los que rodean a los gigantes del Sistema Solar Júpiter, Urano y Neptuno son de reciente descubrimiento. En el caso de Urano, fue un hecho inesperado y totalmente casual, como tantos otros hallazgos en astronomía, y en general, en cualquier otra actividad científica.

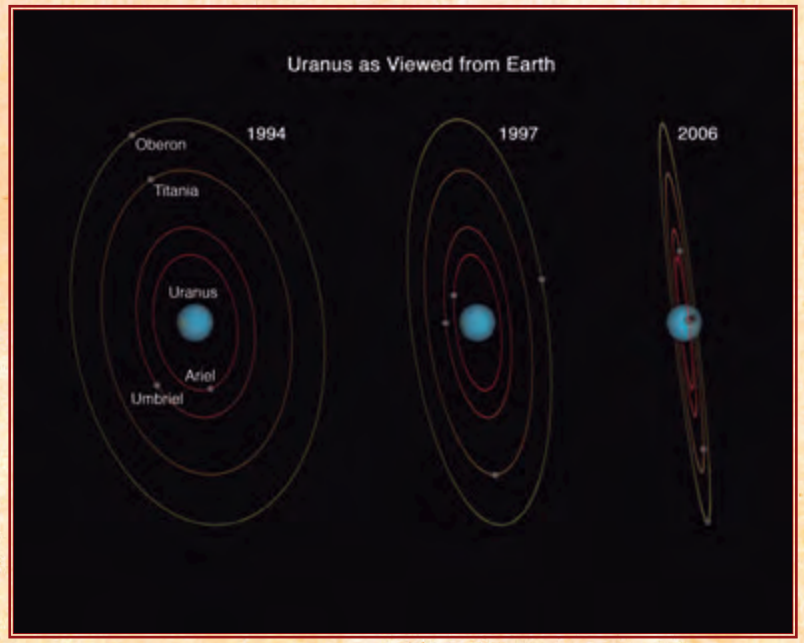
El descubrimiento de los primeros anillos sucedió en el año 1977, durante una campaña internacional realizada desde diferentes observatorios astronómicos por todo el mundo, con objeto de observar la ocultación de la estrella SAO58687. Estos fenómenos astronómicos son de gran interés porque permiten realizar estudios muy importantes en diversos aspectos, como puede ser la determinación del tamaño de la estrella ocultada (en el caso de ocultación por la Luna). En el caso concreto de Urano, los científicos que eran responsables del trabajo intentaban estudiar la atmósfera del planeta mediante el análisis de la variación de la luz de la estrella, parcialmente absorbida al atravesar las capas más externas del planeta.



■ FIGURA 104: UN CONJUNTO DE ANILLOS Y DE SATÉLITES DE URANO, FOTOGRAFIADOS POR EL TELESCOPIO ESPACIAL HUBBLE EN 1997. CRÉDITO NASA/ESA.

En particular, las observaciones realizadas desde el observatorio KAO (Kuiper Airborne Observatory), un telescopio con un espejo primario de 91 cm montado en un avión, realizadas por Elliot, Dunhal y Mink, claramente evidenciaban que la luz de la estrella había disminuido de intensidad durante unos breves segundos en cinco ocasiones antes de producirse la ocultación, que duró unos veinticinco minutos, y en otras cinco con posterioridad. Además, los intervalos temporales eran prácticamente simétricos en los cuatro casos más centrales. Acertadamente, interpretaron estos datos como resultado de la presencia de cinco anillos alrededor del planeta, que bloqueaban parcialmente la luz, al igual que había hecho el disco planetario. Cuatro serían prácticamente circulares, y el último, más exterior, tendría una geometría excéntrica.

Curiosamente, los satélites de Urano toman sus nombres de personajes de las obras, cómo es el «Sueño de una Noche de Verano», de los dramaturgos británicos William Shakespeare y Alexander Pope, empezando por los cinco principales: Ariel, Umbriel, Miranda, Titania y Oberón. Los dos últimos fueron identificado por William Herschel en 1787, seis años después de descubrir Urano. Curiosamente, Herschel creyó ver anillos en Urano, pero no confirmaría el avistamiento.

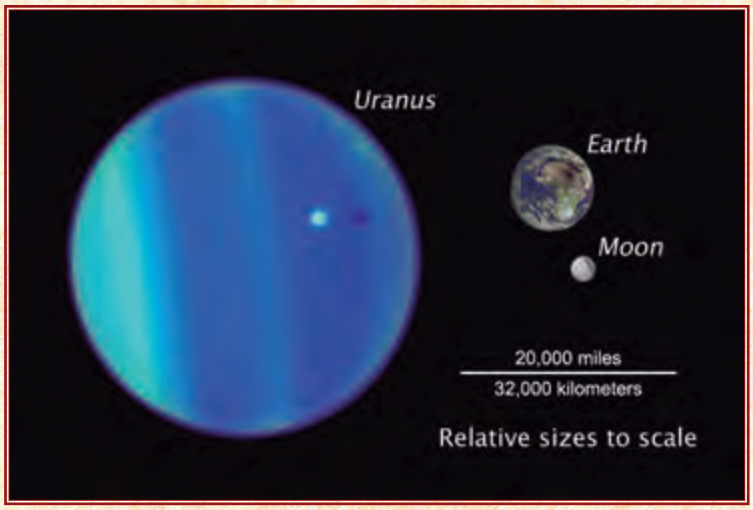


■ FIGURA 105: EL SISTEMA DE SATÉLITES DE URANO, OBSERVADO DESDE LA TIERRA, EN DIFERENTES MOMENTOS. CRÉDITO NASA/ESA.

Con posterioridad a la visita de la sonda de la NASA Voyager 2, que sobrevoló el sistema en el años 1986, nuevos anillos y satélites han sido descubiertos con el telescopio espacial Hubble, hasta un total de 27 satélites: Ariel, Belinda, Bianca, Calibán, Cordelia, Cresida, Desdémona, Esteban, Julieta, Miranda, Oberón, Ofelia, Porcia, Próspero, Puck, Rosalinda, Setebos, Sicorax, Titania, Trínculo y Umbriel. Los dos más recientes no están en la lista, al igual que los dos nuevos anillos, lo que sumaría 11 estructuras de este tipo y 29 satélites.

Hace unos años se produjo un evento muy interesante, en cierta manera opuesto a la ocultación estelar de una estrella por Urano. Fue el tránsito de uno de los satélites, Ariel, sobre el disco planetario, análogo a los tránsitos de Venus y Mercurio sobre la superficie del Sol (esto es, la proyección aparente) observados en los últimos años. En el caso de Urano y Ariel, debido a que el Sol, la Tierra y Urano no estaban perfectamente alineados, lo que se observó fue tanto el paso del satélite como la proyección de su sombra sobre el disco del planeta.

En cualquier caso, el hallazgo de estos primeros cinco anillos no solo fue una casualidad, un descubrimiento inesperado, sino que también fue afortunado, dado que las condiciones observacionales eran las idóneas. Al igual que le sucede a los anillos de Saturno, que cambian de apariencia según la posición relativa entre el planeta y la Tierra, llegando incluso a hacerse casi inobservables por estar de canto, los de Urano cambian de configuración aparente al ser vistos desde nuestro planeta. De haberse realizado la campaña de observación en la actualidad, la probabilidad de haber observado las disminuciones del brillo de una estrella que pasase por detrás del disco del planeta hubieran sido extraordinariamente reducida.



■ FIGURA 106: TRÁNSITO DE ARIEL SOBRE EL DISCO DE URANO, JUNTO CON UNA COMPARACIÓN CON LA TIERRA Y LA LUNA A LA MISMA ESCALA. CRÉDITO NASA/ESA.

A los descubrimientos casuales se les denomina serendipia, un vocablo que recientemente ha sido aceptado por la Real Academia Española, aunque tal vez fuera más adecuado la forma serendipidad. El término fue acuñado, en inglés, por Horace Walpole en 1754, al contar por carta a un amigo una fábula persa, «Los tres Principes de Serendip». En el cuento se relatan las aventuras de tres príncipes de Ceilán, la actual Sri Lanka y denominada Serendip antiguamente por los árabes, quienes durante sus avatares hacen numerosos hallazgos inesperados.

La ciencia se ha beneficiado en gran medida de los descubrimientos casuales. Si nos ceñimos solamente a algunos casos famosos de la astronomía, vale la pena citar unos pocos:

- La velocidad finita de la luz por parte de Olaf Roemer cuando intentaba desarrollar un método para establecer la posición de un buque en alta mar, basado en observaciones de

los cuatro satélites galileanos, los principales de Júpiter.

- El descubrimiento por parte de Bradley de la aberración anual de la luz, o prueba de que la Tierra orbita en torno al Sol, cuando intentaba medir la distancia a las estrellas.

- La radiación del fondo de microondas, el último residuo del nacimiento del universo o «*Big Bang*», por parte de Arno Penzias y Robert Woodrow.

- Los púlsares, posteriormente identificados como estrellas de neutrones que giran muy rápidamente, realizado por Anthony Hewish y Jocelyn Bell Burnell.

- Los estallidos de rayos gamma o «*gamma-ray burts*» (con GRB como acrónimo en inglés), descubiertos por satélites militares estadounidense cuando monitorizaban pruebas nucleares soviéticas durante los años 60.

- Caronte, el principal satélite del planeta enano Plutón, identificado por James Christy en 1978, quien pensó inicialmente que era un defecto de la placa fotográfica.

- El descubrimiento de Urano, por William Herschel, mientras buscaba estrellas dobles.

El descubrimiento de Neptuno, en cierta medida, también podría clasificarse como serendipia. De haber estado el planeta en cualquier otro sector de su órbita, con la órbita calculada por Urbain Le Verrier o John Couch Adams, que no eran demasiado ajustadas a la realidad, hubiera sido imposible detectarlo: estaría demasiado alejado de la localización predicha.

También existen casos de cuasi-serendipia, o de oportunidades perdidas, como serían los no-descubrimientos de Urano y Neptuno por parte de John Flamsteed, James Bradley, Tobias Mayer, Pierre Charles Le Monnier en el primer caso, y de Galileo, Joseph-Jerôme Lalande, John Herschel, y Johann Von Lamont en el Segundo. Vieron, pero no supieron interpretar correctamente sus avistamientos.

Una sofisticación del concepto sería la «aserendipia paradógica». El descubrimiento de Plutón en 1930 por Clyde Tombaugh, entraría en esta categoría. Desde el observatorio de Lowell, en Arizona, se estaba buscando el planeta X, que causaría unas perturbaciones a Neptuno, de manera análoga al caso de Urano y Neptuno. Y se encontró... un planeta enano, ya que Plutón en realidad no es el causante de las mismas.

Claro que la diosa Fortuna sonríe a quien la busca.

Antropólogos, misioneros, mitos y falsarios: Sirio, las Enanas Blancas y los Dogon

A mediados del siglo XX, en los años 50, los antropólogos M. Griaule y G. Diertelen realizaron un trabajo de campo en Mali sobre la tribu de los Dogon. Quedaron sorprendidos por algunos de sus mitos. Entre ellos, el referido a Sirio, la estrella más brillante del cielo.

Los Dogon afirman que Sirio tiene una compañera invisible, una «estrella negra», que orbita en torno a aquella con un periodo de 50 años. Además, esta compañera tendría un planeta, y una pizca de su materia sería tan pesada como todos los granos de la arena del desierto juntos. Tantos detalles en un mito es sorprendente. Pero lo es aún más si tenemos en cuenta que son muy precisos, salvo en lo referente al planeta.

■ FIGURA 107: IMAGEN TOMADA POR EL TELESCOPIO ESPACIAL HUBBLE DE LA NEBULOSA PLANETARIA DEL OJO DE GATO (NGC 6543). ESTE PROCESO DURA MUY POCO DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LAS ESCALAS TEMPORALES DE LA ASTROFÍSICA, Y DARÁ LUGAR A LA FORMACIÓN DE UNA ENANA BLANCA. CRÉDITO NASA/ESA.

En efecto, Sirio, una estrella caliente y algo más masiva que el Sol, tiene una compañera, ahora denominada Sirio B. La estrella principal tiene un tipo espectral A1 V, con una temperatura superficial de 9200 kelvin, una masa estimada de una vez y media la masa del Sol y se encuentra aún quemando hidrógeno en su interior, en la denominada Secuencia Principal, periodo que cubra la mayor parte de su vida. Por el contrario, la secundaria Sirio B, descubierta con modernas -en su momento- técnicas astronómicas, es mucho más débil aunque bastante más caliente, y sobre todo no es visible sin telescopios e instrumentación adecuados, no disponibles para los Dogon. Piénsese que la resolución angular del ojo es de unos uno o dos minutos de arco, cuando la distancia máxima entre ambas estrellas es de unos veintiún segundos de arco, además de que el brillo diferencial es de varios ordenes de magnitud. El periodo orbital es en verdad 50 años, y precisas medidas astrométricas han mostrado que su masa es bastante elevada, de manera que no se satisface la relación masa-luminosidad válida para estrellas de la Secuencia Principal.

En realidad, Sirio B es una enana blanca, una estrella evolucionada, al final de su vida. De hecho, es el centro caliente de la que fue la componente más masiva del sistema binario, que agotó el hidrógeno en su núcleo, elemento que se fusiona durante la vida de una estrella en la Secuencia Principal. Así, se expandió, enfriándose, como gigante roja, y terminó expulsando las capas exteriores en un breve, pero bellísimo episodio, el de nebulosa planetaria. Lo que ahora resta es el núcleo a una temperatura bastante alta: pequeño, poco luminoso, y extraordinariamente denso. La temperatura superficial sería de unos 30 000 kelvin y su diámetro algo superior al de la Tierra, unos 14 000 km. Ya Friedrich Bessel, en 1844, sospechó la presencia de una compañera debido a la falta de movimiento rectilíneo de Sirio por la esfera celeste, según se traslada alrededor de la Galaxia. La órbita fue calculada por Arthur Auwers veinte años después. El primer espectro fue obtenido por Walter Sydney Adams en 1915, quien probó que se trata de un objeto muy caliente.

■ FIGURA 108: OTRA IMAGEN DEL TELESCOPIO ESPACIAL HUBBLE, QUE MUESTRA EL SISTEMA BINARIO DE SIRIO, CON SUS DOS COMPONENTES A Y B. CRÉDITO NASA Y ESA.

Las coincidencias entre la mitología de los Dogon y los hechos cien-

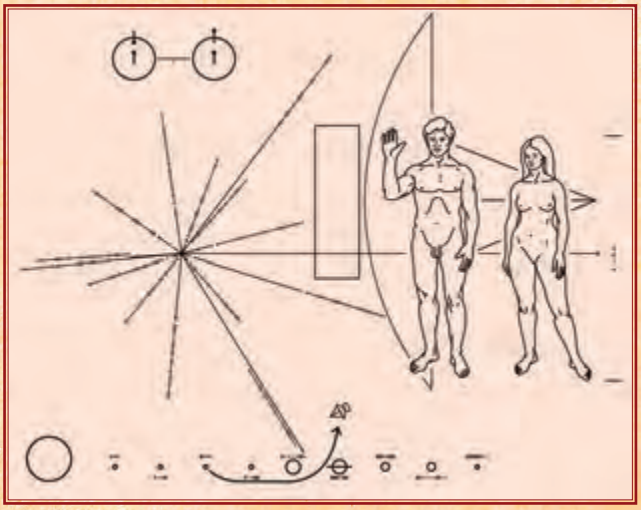
tíficos, que requieren una sofisticada tecnología y un profundo conocimiento de la evolución estelar, fueron usadas por R. K. Temple, quien afirmó que sería la prueba de la visita de extraterrestres a nuestro planeta. Incluso «explicó» la aparición de la civilización egipcia por contactos con estos supuestos visitantes, basándose en la coincidencia de que el inicio del año egipcio estaba ligado a Sirio, despreciando todas las evidencias arqueológicas e históricas y soslayando el hecho de que la cronología y evolución histórica del antiguo Egipto han sido estudiadas en profundidad, y debido a las condiciones climáticas alrededor del río Nilo, existe una ingente cantidad de datos sobre esta extraordinaria cultura.

Esta especulación, si se le puede dar este rango, pues desvarío le cuadra mejor, muy popular entre los amantes de la pseudociencia de aquellos años, fue desmontada por L. W. Roxburg y I. P. Williams en 1976, quienes demostraron en la revista «*The Observatory*» que fueron misioneros franceses en los años 30 quienes contaron a los Dogon todos estos detalles, conocidos de manera generalizada en Occidente, y que fueron incorporados por los Dogon a su corpus mitológico. Por tanto, no hay nada extraño en los datos que esta tribu tiene sobre Sirio, y no es necesario buscar explicaciones que requieran elementos anómalos o, sencillamente, irreales. La navaja de Ockam, el uso sistemático de la explicación más sencilla para interpretar un fenómeno, funciona perfectamente con este caso.

Navegación interestelar: mensajes en botellas lanzadas al Océano de la Galaxia

Si era complejo navegar por las procelosas aguas del Atlántico y del Pacifico, sobre todo antes de que la astronomía diera con la solución de la determinación de la posición, ¿cómo se puede viajar a través del espacio? Específicamente, ¿cómo discernir la localización en las inmensas oscuridades interestelares? Esta no es una pregunta completamente retórica, porque ya hay varias naves que están en los confines del Sistema Solar o ya han salido de él, y en algún caso siguen transmitiendo datos.

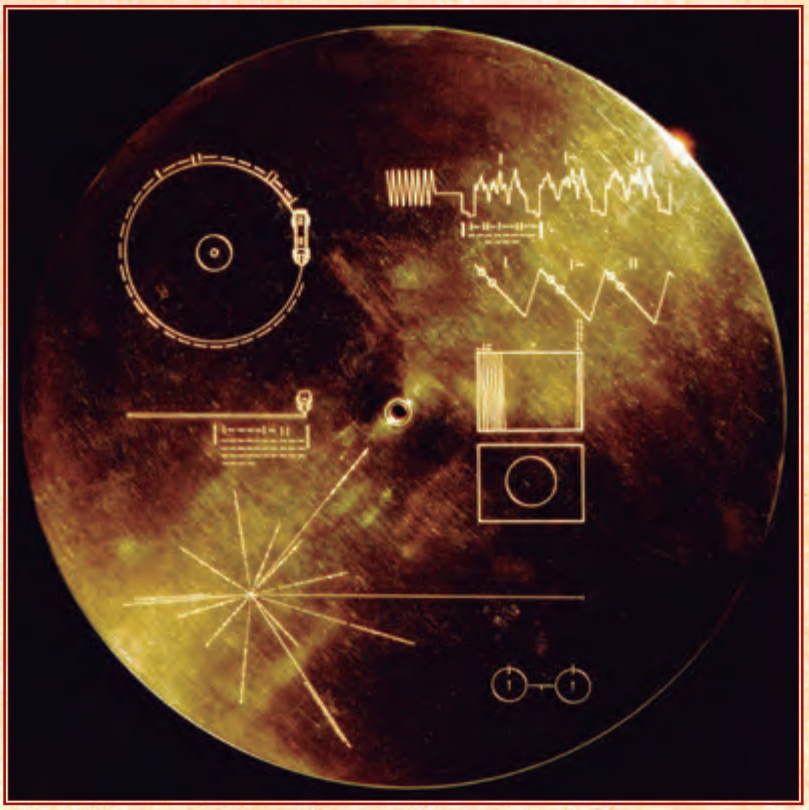
La primera sonda que alcanzó la velocidad de escape del Sistema Solar, rompiendo la atadura gravitacional del Sol, fue la Pioneer 10, lanzada el 3 de marzo de 1972, con destino Júpiter. Su máxima aproximación al planeta fue el 4 de diciembre del siguiente año. Tomó varios centenares de impresionantes fotografías y usó al gigante gaseoso como una catapulta gravitacional para incrementar su velocidad y ser acelerado hacia los confines de nuestro sistema planetario y continuar su viaje, ya interestelar. El mismo mecanismo sería usado por su gemela, la Pioneer 11, que también pasaría junto a Saturno, y sus herederas, las sondas Voyager 1 y 2. Esta última visitaría además Urano y Neptuno. Estas dos naves siguen enviando información de vuelta a casa.



■ FIGURA 109: DIAGRAMA CON LA REPRESENTACIÓN DEL CONTENIDO DE LA PLACA DE LAS SONDAS PIONEER 10 Y 11. CRÉDITO NASA.

Los cuatro ingenios contienen, además de instrumentación científica, información que permite localizar su punto de lanzamiento. Esto es, en cierto modo son mensajes en una botella, misivas que contienen un mapa...

En el caso de las Pioneer, se incluyó una placa con figuras de dos seres humanos, la propia sonda en la misma escala, una representación de la estructura hiperfina del hidrógeno, cuya emisión se utiliza como trazador del gas a grandes escalas y que proporciona una referencia universal de distancia, la estructura del Sistema Solar, y el mapa que permite localizarlo dentro de la Galaxia.



■ FIGURA 110: LAS DOS SONDAS VOYAGER TAMBIÉN INCLUYEN EL MISMO MAPA, PERO EN UNA VERSIÓN MUCHO MÁS SOFISTICADA. APARECE EN LA CUBIERTA DE UN DISCO QUE CONTIENE IMÁGENES, GRABACIONES DE SALUDOS Y GRAN CANTIDAD DE INFORMACIÓN SOBRE NOSOTROS Y NUESTRO PLANETA. CRÉDITO NASA.

Para ello se haya representada la localización relativa del Sol respecto de catorce púlsares o estrellas de neutrones. Esto es, estos astros, que fueron estrellas masivas que terminaron su vida en explosiones cataclísmicas, actúan como sistema de referencia de la posición. Se incluye también la distancia respecto al plano de la Galaxia y los periodos característicos de los púlsares, que rotan extraordinariamente rápidos pero de una manera decreciente de una forma bien conocida. Por tanto, no solo se podría identificar la posición del Sistema Solar en el espacio, sino también en el tiempo, ya que los púlsares actúan también como relojes cósmicos.

Cierto es que la interpretación de esta información no es obvia, pero sí es innegable que en este caso los púlsares funcionan como faros que iluminan sobre la ruta a seguir. Un largo camino desde Alejandría y los tiempos míticos de la navegación de los aqueos y los argonautas.

La transmisión de la cultura: revoluciones, sesgos culturales y soportes físicos

La palabra revolución tiene múltiples significados. Hoy en día se suele usar en sentido devaluado, para indicar un cambio relativamente substancial, aunque no necesariamente radical, en nuestro comportamiento, ya sea en el campo social, económico, tecnológico o cultural. Sin embargo, las verdaderas revoluciones si existen y tienen (o han tenido) una extraordinaria importancia en distintos ámbitos. Algunas, políticas y económicas, tienen un impacto directo, en ocasiones con un tremendo coste humano. Otras, culturales y tecnológicas, son más sutiles, y sus efectos se observan a más largo plazo. Los soportes que usamos, y la tecnología asociada a los mismos, para transmitir ese extraño fenómeno que llamamos cultura tienen también consecuencias sobre qué permanece y durante cuánto tiempo.

En realidad, la cultura, entendida como la transmisión de información por aprendizaje, no es un fenómeno estrictamente humano. Chimpancés y bonobos, entre otros antropoides, poseen ejemplos bastante sofisticados, que difieren de un grupo a otro. Nuestros primos transmiten sus conocimientos por imitación, mostrando a los más jóvenes, por ejemplo, cómo usar una delgada rama para atrapar a las hormigas ocultas en su guarida. Pero es en los humanos en los que la cultura alcanza su plena madurez, ya que el conocimiento

no solo se limita a técnicas de supervivencia, sino que va más allá, a la satisfacción de necesidades puramente intelectuales.

Las sociedades humanas más primitivas utilizan técnicas orales. Narran hechos y lecciones; describen procesos. Las palabras y el ejemplo dominan. Por supuesto, no es privativo de aquellas. Los cuentos que aun perduran en las sociedades más desarrolladas cumplen funciones semejantes. Además, desde el hombre de Cro-Magnon, utilizamos representaciones pictóricas y esculturas.

Los primeros registros culturales permanentes que se conocen, sin tener en cuenta las pinturas rupestres, son probablemente las tablillas sumerias, a finales del tercer milenio antes de nuestra era. La mayor parte de ellas, y las correspondientes a sociedades posteriores, realizados en escritura cuneiforme, son registros económicos: transacciones comerciales, pago de impuestos, censos, existencias en almacenes, etc. Afortunadamente, también contienen las primeras expresiones literarias, como es el caso de las vicisitudes de Gilgamesh, probablemente la primera epopeya que ha llegado hasta nosotros. O los registros astronómicos de eventos tales como eclipses, de vital importancia para datar diferentes sucesos históricos.

Una significativa porción del material escrito en Sumeria y por las culturas herederas como Babilonia y Asiria, a pesar de la dureza de su soporte, no sobrevivió a las invasiones posteriores de persas y helenos, al cambio de civilización. Sin embargo, gran cantidad de almacenes de tabillas existen en las antiguas urbes de Mesopotamia, el país entre los dos ríos, en el actual Irak. Por desgracia, esta es una región muy castigada por la historia. Y los conflictos actuales, junto a la devastadora capacidad destructiva del arsenal moderno, han podido causar un daño irreparable a los asentamientos o *tell*, montículos artificiales que indican la presencia de antiguos núcleos urbanos, aun no excavados. El aniquilamiento cultural se sigue realizando, por desidia o por barbarie.

En las orillas del mítico Nilo, Egipto desarrolló el papiro, y los rollos de este material, extremadamente frágil, fueron utilizados profusamente durante la Antigüedad, especialmente por las sociedades helénicas y por el mundo romano. Las grandes bibliotecas del periodo helenístico y del Imperio, desde Pérgamo hasta Alejandría, contenían miles de rollos que incluían gran parte de la sabiduría mediterránea, desde las tragedias griegas a las reflexiones filosóficas del emperador Marco Aurelio. Desgraciadamente, los accidentes, los desastres naturales, los incendios deliberados, los saqueos o el mismo paso del tiempo, han sido la causa de que gran parte de nuestra herencia cultural haya desaparecido.

Aproximadamente en el siglo III hace su aparición el códice, un conjunto de pergaminos o pieles tratadas y cortadas de manera regular, cosidas por un lado y protegidas por una encuadernación. Tal vez la invención provenga de lo que es ahora Irán. Sin embargo, su uso no se generalizará en el mundo grecolatino y en sus herederos (Bizancio en el Este, los reinos germánicos en el Oeste) hasta varios siglos después. En las condiciones adecuadas, un códice resiste moderadamente bien el paso del tiempo, y de hecho puede ser reutilizado varias veces, borrando, aparentemente, el contenido anterior. En realidad un pergamino así tratado conserva restos de la escritura primigenia y con las técnicas adecuadas se puede recuperar ese contenido. Es lo que se denomina palimpsesto. Existen códices con más de mil años de antigüedad, algunos de ellos con dos, tres y aun cuatro textos superpuestos. Son pequeños universos culturales e históricos, grandes joyas que nos quedan del pasado casi perdido.

Los principales enemigos del códice son la humedad, que favorece el desarrollo de bacterias y hongos que se comen este material orgánico, el fuego y, como no, el propio hombre. Grandes bibliotecas de la Edad Media o manuscritos irrepetibles han sido destruidos a lo largo de este milenio por la acción deliberada del ser humano. El saqueo de Constantinopla en 1204 por los cruzados es buen ejemplo de ello. La acción de poderes ideológicos y sus

brazos, como es el caso de la Inquisición, institución nacida en Francia en el siglo XII y 'perfeccionada' en España e Italia, es otro. Entre otros ejemplos se encuentran las guerras religiosas entre reformistas y católicos de los siglos XVI y XVII. Finalmente, la propia desidia del propietario o bibliotecario responsable, al perder actualidad el contenido del manuscrito. Pero, sobre todo, destaca el desastroso siglo XX, con sus revoluciones, éxodos, genocidios y expolios. Y es que la mayor parte del patrimonio de la humanidad ha sido destruido durante esta malhadada centuria. Lamentablemente, tampoco se puede afirmar que el comienzo del siglo XXI sea mucho mejor.

La aparición del papel y, posteriormente, la imprenta de tipos movibles en el siglo XV supusieron una nueva revolución, posibilitando la creación y supervivencia de un mayor numero de fenómenos culturales: ciencia, literatura, filosofía, historia, registros nacionales, económicos, entre otros.

Finalmente, durante los últimos decenios, hemos asistido a una verdadera explosión exponencial. Los nuevos formatos digitales, y la aparición de internet, prácticamente nos dan una capacidad ilimitada a cada ser humano, al menos a la población que puede acceder a las nuevas tecnologías; tanto para disponer de la información, como para almacenar, crear nuestro propio material o distribuirlo. La digitalización masiva de archivos, su catalogación y su uso remoto en la red probablemente contribuirá enormemente a la preservación y difusión de contenidos que se creían perdidos.

En todos estos cambios de soporte cultural, algunos de ellos producto de verdaderas revoluciones o causantes de las mismas, hay material que se pierde. No todos los registros escritos en tablillas pasaron a papiro, ya que no había razón para que fueran transcritos, al tener sentido solo en un momento especifico, en un contexto político y cultural determinado. Lamentablemente, no todos los volúmenes de papiros fueron volcados a códices, entre otras razones por sesgos culturales, y no todos éstos terminaron por pasar por la imprenta antes de desaparecer.

Existen unos importantes componentes ideológicos e históricos en el cambio de soporte, en lo que es seleccionado y lo que es desechado, siendo condenado a la desaparición. Un ejemplo lo proporciona, nuevamente, la aparición y la utilización del códice. Para cuando la difusión se generaliza, la civilización alrededor había cambiado completamente, así como sus valores religiosos y sus referentes culturales. No eran ya olímpicos los dioses que imponían respeto, ni eran las disquisiciones de platónicos o epicúreos las que despertaban admiración. Jesús de Nazaret, tanto en la visión de la jerarquía romana como en su versión ortodoxa, dominaba. El escriba que copiaba textos de un pergamino que decaía a un nuevo códice, tanto en el monasterio como en las dependencias palaciegas de Constantinopla, lo hizo por motivos específicos: obras de Platón utilizadas por Agustín de Hippo o Hipona, actas de concilios ecuménicos, o historias imperiales que proporcionasen legitimidad al gobierno, al trazar una continuidad desde la Roma republicana hasta ese momento.

Sí, existe una selección. De una manera general, se ha traducido en que las obras literarias e históricas de la Antigüedad, aunque solo una pequeña parte de las mismas nos ha llegado vía Bizancio; mientras que la filosofía y la ciencia nos ha alcanzado por las traducciones árabes, y una parte significativa por las dos escuelas de traductores de Toledo. Esto es debido a que ambas civilizaciones, cristiana y musulmana, han hecho uso de esas realidades culturales del mundo clásico para sus propios fines.

Nuevamente nos encontramos ahora en una encrucijada, tal vez más importante por el ingente volumen de material cultural que se crea, y por la posibilidad real de ser sepultados en «ruido» o, lo que es lo mismo, un excesivo volumen de productos sin valor, sin originalidad, los análogos a las tablillas sumerias que detallan las existencias de almacenes.

Los astrónomos llevamos tiempo enfrentados a este problema, e iniciativas como la del

Observatorio Virtual tratan de dar respuesta al problema de almacenamiento, acceso y análisis de grandísimas cantidades de datos. Pero el problema de la cultura es mucho más general, y mucho más vasto.

¿Cómo almacenar nuestra cultura, cómo transferirla a nuevos formatos, garantizando que nada de interés se pierda? ¿Deberíamos crear bancos culturales, nuevas bibliotecas de Alejandría, como impulsa Naciones Unidas? Y, sobre todo, ¿quién debe realizar la selección y con qué criterios? Yo no me siento capaz, no me atrevería, ante la posibilidad de, inadvertidamente, sacrificar una Iliada.

Epílogo

«Cuéntame, Musa, la historia del hombre de muchos senderos, que anduvo errante ...», Homero, «La Odisea», canto I.

a sido este un itinerario que nos ha llevado desde el mito y la navegación en la Antigüedad, desde la reducida ecúmene de los helenos, hasta el inicio de la exploración espacial. Hemos conocido la fisonomía de nuestro planeta y su lugar en el Cosmos. Pero sobre todo, hemos seguido la evolución del pensamiento que ha hecho posible la adecuada interpretación de la realidad observada. En el tránsito, nos hemos percatado de la insoslayable conexión entre ciencia, tecnología y política. La cosmografía, nacida en los albores de las noches oscuras de la Antigüedad, nos ha conducido a los tiempos de la exploración exoplanetaria.

No hay Itaca aquí, el viaje continua ...

Algunas lecturas sugeridas

Para la redacción de este libro, confieso, sin ningún pudor, que he bebido de Wikipedia como punto de partida en bastantes ocasiones y me he sorprendido por la calidad y exactitud del material hallado. También me he beneficiado de la excelente colección de biografías de matemáticos, que incluye a numerosos astrónomos de todos los tiempos, compilada por la Universidad de Saint Andrews[8].

Sin pretensiones de proporcionar un catálogo global, indico varios libros que me han servido de manera notable y cuya lectura recomiendo a aquellas personas que hayan disfrutado del texto y quieran profundizar algo más.

«*Los caballeros del punto fijo: ciencia, política y aventura en la expedición geodésica hispanofrancesa al virreinato del Perú en el siglo XVIII*», Antonio Lafuente y Antonio Mazuecos, 1987, Ediciones del Serbal, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

«Guía del Madrid científico: Ciencia y corte», Antonio Lafuente, 1999, Comunidad Autónoma de Madrid, Servicio de Documentación.

«*El código de Arquímedes*», Reviel Netz y William Noel, 2007, Editorial Temas de hoy.

«*El Pacífico español. Mitos, viajeros y rutas oceánicas*», varios autores, 2003, Prosegur y Sociedad Geográfica Española.

«*Longitud*», Dava Sobel, 2006, Anagrama.

«*Talento y Poder*», Antonio Beltrán Marí, 2006, Editorial Laetoli.

«*Sobre las revoluciones*», Nicolás Copérnico, traducción y estudio preliminar por Carlos Mínguez Pérez , 1997, ediciones Altaya.

Y algunos textos y artículos en inglés:

«*A history of ancient geography among the Greeks and Romans: From the Earliest Ages Till the Fall of the Roman empire*», Edward Herbert Bunbury, 1879, John Murray editores.

«*Account of some circunstances historically connected to the discovery of the planet exterior to Uranus*», G. B. Airy, 1846, *Astronomiche Nachrichten.*

«*The Naming of Uranus and Neptune*», Owen Gingerich, 1958, *Astronomical Society of the Pacific Leaflets*, Vol. 8, No. 352, 9.

«*Le Gentil and the transit of Venus*», Helen Sawyer Hogg, 1951, *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, Vol. 45, 37.

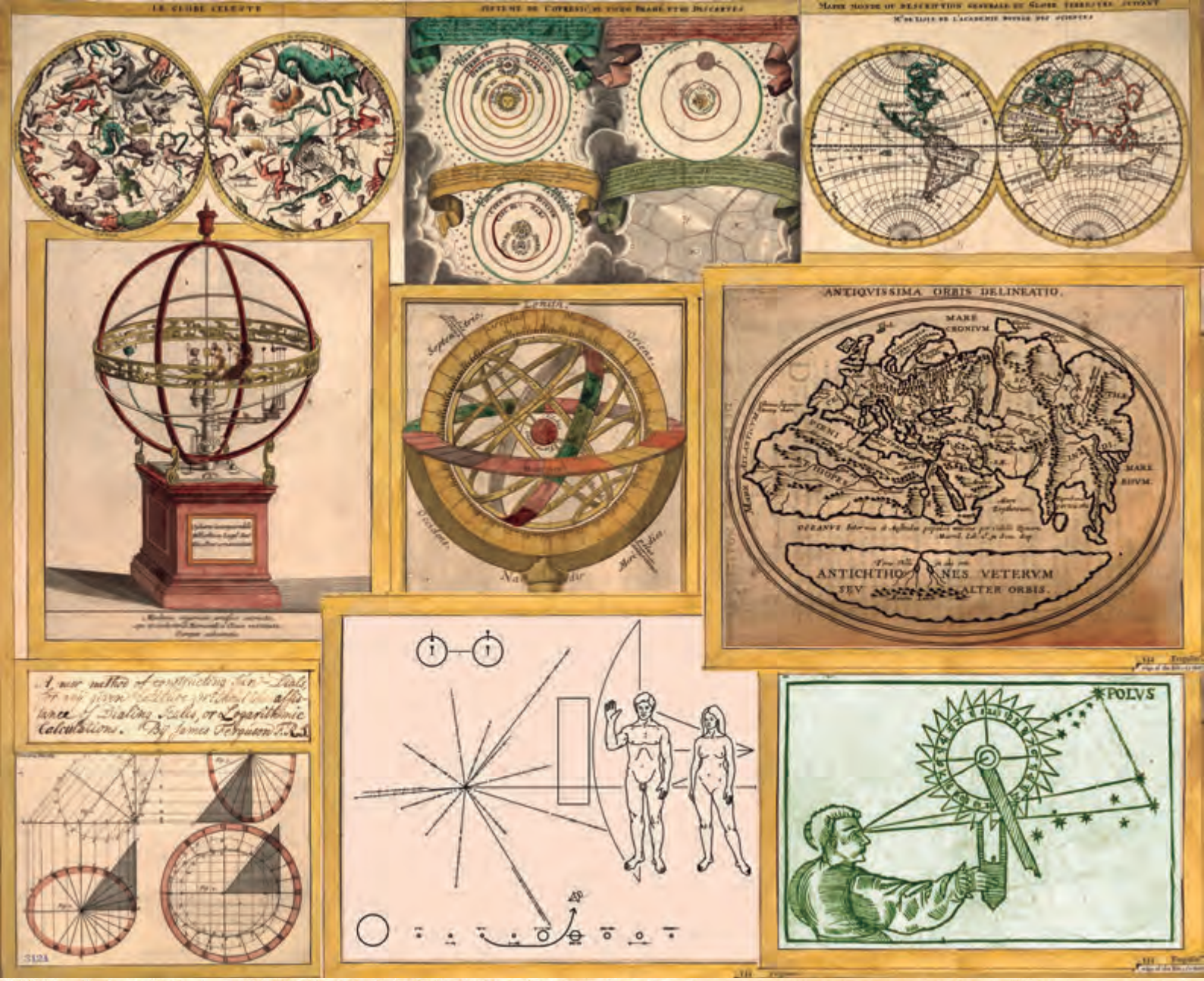
8. *http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/BiogIndex.html*

«*Giuseppe Piazzi: The Controversial Discovery and Loss of Ceres in 1801*», Clifford J. Cunningham, Brian G. Marsden and Wayne Orchiston, 2011, *Journal for the History of Astronomy*, 42, 283.

Algunos de estos textos se pueden encontrar en archive.org[9], un extraordinario y muy útil esfuerzo digitalizador. Existen similares iniciativas en el caso de artículos de astronomía, aunque más especializado[10]. Además, parte del material ha sido publicado, en una forma más sencilla, en el blog de MadrImasD[11], que tiene la ventaja de incluir numerosos hiperenlaces a diversas fuentes.

En cualquier caso, en la obra se se citan numerosas fuentes que también pueden ser consultadas y cuya lectura es, en muchos caso, muy amena y siempre de gran interés.

9. https://archive.org
10. http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html
11. http://www.madrimasd.org/blogs/astrofisica



Con frecuencia la idea que tenemos de un científico -un astrónomo, por ejemplo- es absolutamente falsa. Suelen ser ideas preconcebidas, que pintan a un científico no muy culto, metido en un mundo de números y conceptos abstractos incomprensibles y, por tanto, imposibles de divulgar, de transmitir de una manera amena y entretenida. En fin, un ser que está en las estrellas, un poco lunático.

Pero he aquí, que David Barrado -un astrónomo-, con este libro y algunos más, se nos muestra como un comunicador nato, un divulgador de ciencia, un amante de la pedagogía. No solamente eso, sino que, a medida que vamos «deshojando» este libro, nos damos cuenta de que estamos ante un humanista, un hombre que parece recién llegado del Renacimiento: ¿Cervantes y el nieto de Tamerlán astrónomos? ¿Los secretos de los palimpsestos, un texto de Arquímedes oculto en un libro de oraciones?

A lo largo del texto David Barrado, partiendo de la cosmografía, a la que se puede clasificar como la ciencia imperial en los siglos XVI y XVII, nos propone un viaje que nos lleva desde Homero hasta los exploradores de la Antártida y a los confines del Sistema Solar. Responde a muchas preguntas como las enunciadas, desvelando una pléyade de curiosidades científicas. Pero sobre todo despeja una incógnita que él mismo plantea: ¿ciencia versus humanidades? Demuestra lo equivocadas que pueden llegar a ser las ideas preconcebidas. Un científico no debe dejar de ser nada más y nada menos que un intelectual.

PUBLICACIONES DE DEFENSA
GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE DEFENSA
SECRETARÍA DE ESTADO DE DEFENSA
INSTITUTO NACIONAL DE TÉCNICA AEROESPACIAL