

Curso 2009/10
HUMANIDADES Y CIENCIAS SOCIALES/4
I.S.B.N.: 978-84-7756-937-4

SAMUEL DOBLE GUTIÉRREZ

**La interacción de hechos, intereses y valores
en el cambio científico y su aplicación al problema
histórico de la determinación de la longitud
y el primer meridiano: la solución magnética
derivada de los estudios de William Gilbert**

Directores
JESÚS SÁNCHEZ NAVARRO
INMACULADA PERDOMO REYES



SOPORTES AUDIOVISUALES E INFORMÁTICOS
Serie Tesis Doctorales

**La Interacción de Hechos, Intereses y Valores en el Cambio Científico
y su Aplicación al Problema de la Longitud y el Primer Meridiano:
la Solución Magnética de William Gilbert**

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PRÓLOGO.....	4
INTRODUCCIÓN: DEL SALÓN AL TRASTERO.....	12
1. El médico desahuciado del panteón de los dioses.	13
2. La revisión post-positivista de un héroe de leyenda.....	16
En los márgenes de la Gran Tradición.	16
La redención de Gilbert a raíz de la Revuelta Historicista.	19
Los estudios sociales de la ciencia y la consolidación de la Filosofía de la Actividad Científica.	22
Los instrumentos eclipsan al ingeniero.	24
3. La heurística de la transformación de los problemas.	26
CAPÍTULO I: EL CONFLICTO EPISTEMOLÓGICO GENERADO POR LA ACCIÓN-A-DISTANCIA.	30
1. Primeras referencias.	31
2. Modelos explicativos clásicos.	33
2.1. Ficalista.	33
2.2. Metafísico- espiritualista.	36
CAPÍTULO II: EL PROBLEMA DE LA POSICIÓN.....	40
1. La orientación: conceptos y métodos arcaicos.	41
1.1. Las coordenadas espaciales.	43
1.2. Una primera aproximación general al problema.	44
1.3. El problema en los inicios de la navegación.....	45
2. El problema de la posición en los inicios de la cartografía.	48
2.1. La geografía del periodo clásico.....	51
2.2. La geografía en el periodo grecorromano.....	54
2.3. La Geografía ptolemaica.	55
2.3.1. Métodos empleados.	56
2.3.2. Los mapas ptolemaicos.....	58
2.3.3. Las proyecciones desarrolladas por Ptolomeo.....	59
2.4. El “redescubrimiento” de Ptolomeo en el Renacimiento tras el paréntesis medieval.	61
CAPÍTULO III: LA BRÚJULA COMO SÍNTESIS SUPERADORA DE LOS PROBLEMAS PRECEDENTES.	66
1. Un objeto de origen incierto.	67
2. La orientación directiva básica.	68
2.1. La polaridad.....	69

2.2.	La hipótesis de una estrella que guía.....	71
2.3.	La <i>mágica</i> montaña magnética.....	72
3.	La declinación de la aguja magnética.....	74
4.	La inclinación magnética.....	76
III (bis).	Repercusiones para el problema de la posición.....	78
1.	En el modo de representar gráficamente en el espacio: los portulanos.....	78
2.	En el modo de afrontar el problema de la longitud: la búsqueda de un indicador natural terrestre.....	80
2.1.	La determinación astronómica de la latitud.....	81
2.2.	La búsqueda de una solución <i>científica</i> al problema de la longitud.....	83
CAPÍTULO IV: LA FILOSOFÍA MAGNÉTICA COMO RESPUESTA AL PRIMER PROBLEMA.....		88
1.	Perfil biográfico de William Gilbert de Colchester (1544-1603).....	89
2.	De Mundo Nostro Magnetico.....	97
2.1.	La Crítica de la Sinrazón Magnética.....	98
2.2.	Experimenta Gilbertiana, o de cómo se moviliza el mundo mediante una cadena de transformaciones.....	104
2.2.1	Primera transformación: de la magnetita al imán.....	104
2.2.2.	Segunda transformación: de la tierra a la terrella.....	109
2.2.3.	Tercera transformación: de una tierra estacionaria a Gaia.....	130
CAPÍTULO V: LA BÚSQUEDA DEL “PUNTO” POR MEDIOS MAGNÉTICOS.....		142
1.	El compromiso de Gilbert con la navegación.....	143
2.	Breves pinceladas contextuales.....	145
3.	La geografía en el periodo isabelino.....	147
4.	Matemáticas, Geografía e Imperio.....	152
5.	La impronta de Edward Wright en el <i>De Magnete</i> de Gilbert.....	154
5.1.	Ciertas soluciones para “Ciertos errores”.....	156
5.1.1.	La reforma cartográfica.....	157
5.1.2.	Mejoras auxiliares en la navegación.....	159
5.1.3.	La solución magnética para el problema de la longitud: la influencia hurtada de Stevin.....	160
5.2.	Las Matemáticas como modelo en el <i>De Magnete</i>	164
5.2.1.	Retórica de la exploración en el <i>De Magnete</i> de W. Gilbert.....	165
6.	La superioridad sobre España.....	166
6.1.	Las referencias directas encontradas.....	168
6.2.	La “Cabotada”.....	170
6.3.	El manejo gilbertiano de la retórica científica.....	171
6.4.	Otro ejercicio de retórica persuasiva.....	174
CAPÍTULO VI: LA CAÍDA DEL IMPERIO MAGNÉTICO.....		178
1.	La polémica de los primeros apóstoles sobre el valor cosmológico de las afirmaciones contenidas en el <i>De Magnete</i>	179
2.	El Universo desencantado.....	183
3.	El epitafio redactado por los magnéticos: Gellibrand y la variación secular.....	184
4.	La esquila del astrónomo.....	188
5.	La búsqueda de nuevas alternativas longitudinarias.....	189
5.1.	Al acecho de la cohorte joviana.....	190

5.2.	Y el filósofo natural se convierte en funcionario.....	193
5.3.	El método de las distancias lunares.	195
5.4.	La repercusión pública del problema de la longitud.....	197
5.4.1.	The Whiston & Ditton Project.....	200
5.5.	Gea cede ante Cronos: la epopeya homérica de John Harrison.....	203
5.5.1.	Soluciones particulares para un problema general.	205
6.	Britania hace realidad el viejo sueño isabelino.	210
6.1.	El Congreso Internacional del Meridiano.....	212
6.2.	El <i>revival</i> de una clásica rivalidad.	214
6.3.	La resolución de la contienda dialéctica: una encerrona alevosa y premeditada. 216	
6.4.	El papel de España dentro del G- 25 decimonónico.....	220
6.5.	Balance del Congreso.	221

RECAPITULACIÓN Y CONCLUSIONES..... 223

BIBLIOGRAFÍA 239

1.	Fuentes primarias.....	239
2.	Fuentes secundarias.	250

«Lo que me saca de quicio es la rutina apolillada y vulgar de las autoridades, mezquina. Y éste es un asunto que permitiría descubrir un camino completamente nuevo en la investigación. Es posible mostrar de qué modo ha de encontrarse la verdadera huella a base de datos meramente psicológicos. «Tenemos hechos», dicen; pero los hechos no lo son todo. ¡Por lo menos en un cincuenta por ciento el quid está en cómo se utilizan los hechos!».

[Dostoievski, *Crimen y castigo*]

PRÓLOGO

Acomodados en el asiento de cualquier avión comercial en un simple vuelo doméstico, mientras devoramos una cantidad respetable de kilómetros de distancia en una fracción de tiempo que asombraría a nuestros congéneres de hace tan sólo menos de un siglo, no es de extrañar que, en las pequeñas pantallas de cristal líquido con las que vienen equipados los modelos más modernos, nos aparezcan los siguientes datos relativos al viaje: la posición en términos de latitud y longitud del aparato en el que nos encontramos; la hora local del punto en el que nos encontramos, así como la del punto de destino; la distancia recorrida en kilómetros, junto con la representación gráfica del espacio recorrido por el aeroplano sobre un mapa pixelado. Curiosamente, tales datos nos son proporcionados de un modo tan frío y aséptico, como son recibidos por parte de cualquiera de nuestros coyunturales y apáticos compañeros de viaje. No deja de resultar llamativo que todo el esfuerzo históricamente invertido, la ingente cantidad de recursos materiales y humanos empleados a lo largo de los siglos, se reducen, merced a las sucesivas cadenas de transformaciones sufridas, a la aparición intermitente de los mencionados datos durante escasos segundos.

Por otro lado, en cuanto usuarios, se nos recuerda *ad nauseam* la prohibición del uso de teléfonos móviles en el transcurso del vuelo con el fin de no interferir con los equipos de navegación. Esta normativa se flexibiliza algo más en el momento en que, teóricamente bajo la supervisión de los asistentes de vuelo y con su aquiescencia, se nos permite el empleo de ciertos dispositivos electrónicos tales como reproductores personales de música u ordenadores portátiles. Al fin y al cabo, hemos creado un universo

electromagnético en el que nos desenvolvemos cotidianamente, y con el que nos vinculamos cada vez más.

Si hemos de señalar un nudo o punto de contacto en los que se entrecruzan las genealogías de ambas problemáticas, sin duda alguna cabría remontarnos, al menos, a los estudios sobre magnetismo del Dr. William Gilbert de Colchester (1544- 1603). Del análisis de su obra se desprende una posible solución al problema histórico de la determinación de la longitud y la ubicación del primer meridiano, problema que ha trascendido la burbuja académica y ha llegado al gran público a raíz de las recientes celebraciones del cambio de milenio, que tampoco resultaban ajenas a una realidad archipiélagica como la nuestra, nominada en ocasiones como sede de diferentes meridianos. Al margen de esta cuestión casi anecdótica, la relevancia del problema se puede articular también de un modo más global para contextualizar la obra de Gilbert en función de los siguientes criterios:

En primer lugar, estamos ante un complejo problema, el de la búsqueda de la longitud, que trasciende las dimensiones científica y técnica, para insertarse dentro de un complejo proceso en el que se imbricaban cuestiones de derecho internacional, política y construcción de imperio, de historia social y cultural, así como de economía y comercio, problemáticas que atrajeron a muchas de las mentes más destacadas de todos los tiempos.

En segundo lugar, las tentativas basadas en el magnetismo terrestre alcanzaron un grado enorme de popularidad en la época, atrayendo en su momento no sólo a *amateurs* de la ciencia como el propio Gilbert o a *científicos* como Edmund Halley¹, sino también a destacados cartógrafos como Gérard Mercator, a experimentados navegantes, y a príncipes y monarcas que fomentaron la investigación en esta línea. Una de las quimeras perseguidas era la búsqueda y la selección de un Meridiano, entre todos los posibles, que se revelase como *natural*, en justa correspondencia con el protagonismo alcanzado por la línea equinoccial o ecuador para calcular la latitud. No obstante, y quizás debido a que dichas propuestas se revelaron *de facto* como carentes de cierta fecundidad heurística, curiosamente son las grandes olvidadas en el gran volumen canónico de referencia sobre el tema del problema histórico de la determinación de la longitud y el primer meridiano², en

¹ Desde aquí entendemos que la institucionalización de la ciencia, a partir de la creación de las grandes sociedades científicas, deviene el criterio demarcador entre un científico y un filósofo natural. La acuñación del término *científico* para distinguir al *cultivador* de la ciencia se atribuye a William Whewell.

² Nos referimos a W. J. H. Andrewes (ed.), *The Quest for Longitude: the proceedings of the Longitude Symposium Harvard University. Cambridge, Massachusetts, November 4-6, 1993* (Cambridge, Mass, 1996).

el que encuentran cabida curiosamente, junto a las soluciones astronómicas y las mecánicas, algunas otras calificadas de «excéntricas» y «oportunistas». Descartada, por este mismo motivo, la tentación de sentar en el banquillo de los acusados a los destacados editores por un presunto delito aparentemente no cometido, esto es, el perpetuar un modo *Whig* de historiografiar determinados episodios de la ciencia³, cabe preguntarse sobre las causas de esta grave omisión.

Una posible respuesta apunta hacia la carencia de bibliografía relevante o de destacados especialistas sobre el tema, pero es una respuesta que no se nos antoja satisfactoria en modo alguno: el célebre *Symposium* que inspiró el extraordinario volumen al que nos hemos referido algo más arriba se había celebrado en 1993, mientras que una de las principales autoridades sobre Gilbert, el Dr. Stephen Pumfrey, había leído y defendido públicamente su brillante Tesis Doctoral sobre la filosofía magnética de William Gilbert en 1987⁴. Anteriormente, el magnífico y exhaustivo estudio de Duane H. D. Roller⁵ había supuesto una valiosa contribución a la literatura secundaria gilbertiana, hasta el punto de que, aun logrando el estatus de clásico, permanece sin merma de su original vitalidad. Más recientemente, los extraordinarios trabajos de Art Jonkers⁶ han revitalizado esta propuesta en el contexto de la historia de la navegación magnética.

Por otra parte, el problema histórico de la longitud se ha enfocado, generalmente, desde un punto de vista *anglocéntrico*, como así atestigua el peso específico que adquiere la bibliografía de habla inglesa que fundamenta este trabajo de investigación. En virtud de ello, creemos que, exceptuando quizá a un relativamente desconocido Gilbert, no hubo un autor tan notable que abanderara este tipo de propuestas magnéticas, o que éstos no fueran anglosajones de origen. El oficio de historiador de la ciencia, al igual que el del historiador *puro*, suele ceñirse con frecuencia al análisis de acontecimientos *locales*, en parte por una

De dicho Congreso, salió la inspiración para el best seller de Dava Sobel sobre la vida, obra y *milagros*, de John 'Longitud' Harrison, titulado *Longitude: the true story of a genius* (London; New York, 1995).

³ Tomo el término de H. Butterfield, quien lo acuñó para referirse a «la tendencia en muchos historiadores de escribir del lado de los Protestantes y los Whigs, de alabar las revoluciones que han tenido éxito, y poner de relieve ciertos principios de progreso realizados en el pasado, para producir una historia que es la ratificación, si no la glorificación, del presente» (Butterfield 1931, "Preface", p. v).

⁴ S. Pumfrey, *William Gilbert's Magnetic Philosophy: the Creation and Dissolution of a Discipline* (Ph. D. Dissertation, U.of London, 1987a).

⁵ D. H. D Roller, *The De Magnete of William Gilbert* (Amsterdam, 1959).

⁶ A. R. T. Jonkers, *North by Northwest: Seafaring, Science, and the Earth's Magnetic Field* (Göttingen, 2000); y, una revisión del mismo, ampliada y actualizada, en A. R. T. Jonkers, *Earth's Magnetism in the Age of Sail* (Baltimore, 2003)

cuestión práctica, que estriba tanto en el acceso relativamente sencillo a la documentación pertinente, cuanto en la familiaridad inicial respecto a un problema concreto. En otras ocasiones, empero, lleva a cabo su tarea motivado por un cierto compromiso ideológico de exaltación patriótica. De ahí que, como resultado, la extensa bibliografía existente sobre el problema histórico de la longitud adolezca de una reconstrucción comprehensiva del mismo. Por el contrario, disponemos de relatos fragmentarios dedicados a un aspecto concreto del mismo, o desde cierto punto de vista que coincide *sospechosamente* con los intereses, bastante nobles por otra parte, académicos y profesionales del historiador; en otras ocasiones, las reconstrucciones se hacen desde la perspectiva de algún tipo (normalmente *victorioso*) de solución científica, o bien ceñido a una época concreta, usualmente focalizada en la epopeya vivida por John ‘Longitud’ Harrison frente al *Consejo de la Longitud*.

La fundamentación histórica de nuestro trabajo tomará como centro de interés una historia *de perdedores*, o quizás de gloria efímera, en torno a la figura y la obra del Dr. William Gilbert de Colchester. Varias son las razones por las cuales hemos decidido aproximarnos a este estudio de caso: en primer lugar, la reivindicación de la propia figura del Dr. William Gilbert, que ha permanecido relativamente desconocida en los ámbitos incluso académicos, viéndose relegado a un par de líneas en cualquier manual al uso de Historia de la Ciencia; en segundo lugar, su pertenencia a una época en la que se gesta la ciencia moderna, cuyas diferentes aproximaciones historiográficas han sido producto de, y asimismo han modificado, la reflexión sobre el propio proceder científico, como se verá en la Introducción. El esfuerzo de reconstrucción que se presenta aquí va dirigido, precisamente, a presentar la quijotesca cruzada magnética en torno a 1600, año en el que se publica el *De Magnete* de William Gilbert, en el contexto del problema de la longitud. Comparativamente, pues, las soluciones alternativas recibirán un tratamiento más somero precisamente porque ya cuentan con excelentes monografías que reseñaremos en su momento, y sobre las que nos hemos basado porque su contribución continúa resultando especialmente valiosa.

El primer capítulo de este trabajo constituirá, a modo de introducción, una delineación de los presupuestos filosóficos que dan forma a la materia histórica que compone este trabajo, a propósito de un análisis de segundo nivel (*metateórico* o, si se

quiere, *metahistórico*) de la figura del Dr. Gilbert. Partimos de la idea, quizás por deformación profesional, de que no tiene sentido hacer *escolástica de la ciencia* y quedarnos en un planteamiento vacío. En este sentido, defendemos que cualquier ejercicio filosófico *responsable* no debe hacerse sobre el vacío, sino articulándose sobre un fundamento que, en este caso, es histórico. Esto nos permite, por un lado, sortear la petulancia y el recelo de un científico *esconde-primicias*, a la vez que nos proporciona el reto de urdir una trama narrativa con la debida distancia crítica. Pero, precisamente por ese carácter selectivo, tal vez nuestros presupuestos únicamente sean aplicables a este caso en particular, cosa que tampoco nos preocupa, siempre y cuando el caso estudiado de por sí se justifique y estimule la curiosidad de otros miembros de la comunidad de investigadores, a cuyo escrutinio se somete este trabajo.

Tras este planteamiento introductorio, el resto del trabajo se irá configurando siguiendo la metáfora de la doble hélice, por cuanto dos problemáticas iniciales se entrecruzan posteriormente en dos nudos diferentes separados por el tiempo. El primero de estos problemas, P_1 , refiere al viejo problema teórico de explicar la acción-a-distancia, ante el asombro generado por la observación de los fenómenos más básicos de atracción y repulsión magnéticas, y cómo esta aparente *anomalía* en el seno de una mentalidad griega estimula el intento de subsumirla, bajo una explicación medianamente plausible, en una regularidad. Seguidamente, nos enfrentamos a un segundo problema, P_2 , éste de carácter práctico, y que concierne a la orientación y la posición, especialmente en alta mar. Este segundo problema remite, en última instancia, al problema de la longitud. Estos dos problemas confluyen, asimismo, en un instrumento, la brújula, que se erige en una especie de síntesis hegeliana P_3 superadora de P_1 y P_2 , en tanto que los subsume e integra, generando, a su vez, nuevos interrogantes y soluciones.

El núcleo central de la obra está constituido por el otro nudo de conexión, la obra del Dr. William Gilbert, en donde nuevamente confluyen tanto P_1 como P_2 , ya transformados a partir de P_3 . Debido al relativo desconocimiento de nuestro personaje, consideramos oportuno comenzar con una semblanza biográfica del mismo. Seguidamente, su obra se analizará en una doble faceta: a) como *filósofo natural* que emite una respuesta R_1 a P_1 con las herramientas conceptuales heredadas de tradiciones previas; y b) como *matemático aplicado*, al derivarse una respuesta R_2 a P_2 ; más aún, consideramos necesario

profundizar en una cuestión que no ha sido lo suficientemente tratada hasta la fecha, concretamente en los vínculos existentes entre R_1 y R_2 , hermanados metodológicamente a partir de la observación y el análisis del comportamiento observado en la aguja magnética, que, a su vez, deriva de P_3 , empleada por vez primera como instrumento de uso científico, en un modelo físico a escala de la Tierra misma. Más allá de la propia reconstrucción del problema, que en sí misma tiene un carácter personal e intransferible, creemos haber aportado una contribución original desde la perspectiva del historiador de la ciencia, al sugerir la lectura del *De Magnete* de Gilbert en clave política. Aún así, nos resignamos a asumir que este trabajo posiblemente no satisfaga completamente a las *arañas* ni a las *hormigas*. Difícil equilibrio el del justo término medio. Seguidamente, analizamos el devenir de las hipótesis geomagnéticas por un lado, y por el resto de soluciones históricamente ensayadas, para la solución del problema de la longitud, que conoce dos posibles finales: la posibilidad de una solución técnica al problema, y la decisión referente a privilegiar, con los datos en la mano, un meridiano frente a los demás. Nos centramos en estos dos puntos, básicamente, por dos razones: en primer lugar, porque intentamos subsanar una laguna en la historiografía dedicada al problema al intentar una reconstrucción comprensiva del problema; y, en segundo lugar, por razones de espacio y de tiempo.

Desde el punto de vista técnico y formal, hemos optado por traducir al castellano los fragmentos seleccionados, con mayor o menor fortuna, con vistas a lograr una cierta *unidad* en el discurso, salvo en los casos en los que se trataba de fragmentos poéticos, por cuestiones obvias de rima y musicalidad. Posiblemente, el lector encuentre que se ha abusado de las citas, como si el *espíritu* del difunto Koyré nos hubiese poseído a lo largo del proceso de manufactura. Ello es debido a la propia condición de los materiales empleados, por lo general de difícil acceso. Como hemos indicado, hemos optado por priorizar el rendimiento epistémico de las traducciones, aun a riesgo de haber sido demasiado atrevido al realizar dicha empresa. Al igual que las diferentes ilustraciones que acompañan al texto, las citas se amparan en el artículo 37, punto 1, de la Ley 23/2006 de Propiedad Intelectual, que reconoce la libre difusión de las mismas con fines no lucrativos y de investigación.

Dentro de este continuo proceso de toma de decisiones que un trabajo de estas características implica, hemos optado, en ocasiones, por emplear acrónimos para distinguir algunas de las obras que se repiten con cierta frecuencia dentro del cuerpo del texto. Así, por ejemplo, tenemos las siguientes:

- *CEN- Certaine Errors in Navigation*, de Edward Wright.
- *DM- De Magnete*, de William Gilbert.
- *DMS- De Mundo Nostro Sublunari*, de William Gilbert.
- *EDM- Epistola de Magnete*, de Petrus Peregrinus.
- *GE- Geografía*, de Estrabón.
- *GH- Geographia Hypegesys*, de Ptolomeo.
- *HH- Historia*, de Heródoto.
- *HN- Historia Natural*, de Plinio el Viejo.
- *HP- Las Hipótesis de los Planetas*, de Ptolomeo.
- *HV- De Havenvinding*, de Stevin.
- *NA- The Newe Attractiue*, de Robert Norman.
- *SM- Almagesto (Mathematike Syntaxis)*, de Ptolomeo.
- *TH- Tratados Hipocráticos*

Los clásicos grecolatinos, por su parte, se citan siguiendo el modelo estándar. Para las referencias del resto de autores modernos y contemporáneos dentro del cuerpo del texto, hemos optado por las citas cortas conforme al estilo Harvard.

Antes de proseguir con el primer capítulo, parece pertinente en este punto el apartado de reconocimientos y agradecimientos. En primer lugar, es de justicia reconocer que este trabajo ha sido posible gracias a la concesión de una beca predoctoral por parte de la Consejería de Educación, Cultura y Deportes del Excmo. Gobierno de Canarias. Desde aquí tampoco quiero olvidar a la Universidad de Laguna, a la que siento mi segunda casa, así como a la entidad financiera *CajaCanarias*. Ambas instituciones firmaron un convenio de colaboración mutua para iniciar en la investigación a los alumnos egresados del cual me pude beneficiar, en este caso sí, durante una corta etapa, que coincidió con la elaboración de la Memoria de Licenciatura, articulada en torno a la transformación experimentada por el primitivo anteojo para convertirse en un instrumento científico.

Desde el punto de vista académico, quisiera destacar muy especialmente al Dr. Stephen Pumfrey, de *Lancaster University*, que me ha proporcionado el inmenso honor de poder discutir con él mis puntos de vista durante mi inolvidable estancia de investigación en dicha Universidad, de cuyo talento y sabiduría he intentado aprender. Asimismo, quiero

hacerle constar mi profundo agradecimiento por la extraordinaria paciencia mostrada hacia el autor de estas líneas. Me cabe agradecer igualmente al personal docente y administrativo del *Centre for the History of Science, Technology and Medicine* del *Imperial College of Science, Technology and Medicine* de Londres, por la amable acogida dispensada en su prestigioso centro a quien esto escribe, en particular a los profesores David Edgerton y Andrew Warwick, sendos cátedros de reconocido prestigio, por permitirnos un bautizo de lujo en estas lides.

También me parece justo mencionar las Bibliotecas y centros de investigación tanto nacionales como extranjeros que me han permitido bucear en sus fondos durante este tiempo: en España, las Universidades de Zaragoza y de Salamanca, en particular el CILUS; en el Reino Unido, *British Library*, *Warburg Institute*, *University College Library*, *Royal Observatory of Greenwich* y *Hans Sloane Museum*. Un apartado especial merece, sin duda, la *Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia*, a la que guardo un cariño especial. Dicha Institución ha estado siempre dispuesta a brindar su apoyo y la hago partícipe también de que este proyecto viese la luz. Es de agradecer especialmente el interés mostrado y el seguimiento realizado del tortuoso recorrido emprendido desde hace ya unos cuantos años. Un reconocimiento muy particular y sincero se lo debo a mis Directores de Tesis, no tanto por cuanto hayan accedido amablemente a desempeñar su trabajo, sino sobre todo por haberme contagiado la pasión por una forma de vida, desde los tiempos en los que era un estudiante corriente de grado. Más que de contenidos, hablo esencialmente de articular una identidad de una determinada manera, de una forma de vida, de mi vida, al fin y al cabo. Todos y cada uno tienen su parte en este trabajo aunque, evidentemente, asumo la responsabilidad total y exclusiva de los errores, las imprecisiones, las extravagancias y demás lindezas que pudiera contener.

Decía el poeta John Dryden que «la fama de Gilbert pervivirá hasta que los imanes cesen de atraer». Una de nuestras mayores ambiciones ha sido poder aportar nuestro granito de arena para tributarle un homenaje que, aunque merecido, tal vez no se haya medianamente satisfecho. La otra, que la recepción del producto, este *cadáver* de papel y tinta (en sentido hegeliano) que materializa unos cuantos años de trabajo, produzca tanta felicidad al lector como a su autor en el proceso de su gestación y transcripción. Para todos, sirva este trabajo como humilde ofrenda.

INTRODUCCIÓN: DEL SALÓN AL TRASTERO.

En este capítulo se hace una revisión de la literatura secundaria sobre William Gilbert, en conexión con el contexto más general de la historia y la filosofía de la ciencia. Lejos de suponer un repaso exhaustivo, nuestra pretensión es mostrar cómo se destacan diferentes aspectos de nuestro autor en función de las corrientes teóricas imperantes en uno u otro dominio. Una vez situados, explicitamos los motivos para reivindicar una lectura alternativa de la obra de William Gilbert, redefiniendo con ello, indirectamente, la caracterización clásica de *cientificidad*.

«Pienso que la frecuente actividad en vuestro famoso arsenal, Señores Venecianos, ofrece un gran campo para filosofar a los intelectos que especulan, especialmente, en aquella parte que se denomina mecánica, en donde se construyen continuamente todo tipo de instrumentos y de máquinas por medio de un gran número de artesanos»⁷

[G. Galilei, *Dialogo sobre dos nuevas ciencias*]

1. El médico desahuciado del panteón de los dioses.

Mientras hojeamos las páginas de cualquier manual de Historia de la Ciencia al uso, es posible que se cite, aunque sea en contadas ocasiones, a un tal William Gilbert. Cuando eso sucede, aparece retratado como *El Señor de los Anillos Magnéticos*, al tiempo que su tratado de 1600, el *De Magnete*⁸, es alabado en virtud de los incontables experimentos contenidos en él, como una muestra de los denodados esfuerzos realizados por nuestro autor de referencia con el fin de rescatar al magnetismo de las malvadas garras de la magia natural y de las supersticiones populares. Y que éste, por derecho propio, se consagrara en el altar de la ciencia tras someterlo a un exorcismo de carácter empírico o, si se quiere, *vocacionalmente experimental*, que se prolongó durante casi veinte años⁹.

La reconstrucción (probablemente interesada) de este Gilbert *mítico* se articularía en torno a tres centros de interés bien definidos: por un lado, la (genial) intuición de que la Tierra no sólo se comporta, sino que *es*, un imán de proporciones gigantescas; en segundo lugar, dicha hipótesis se vio sometida al escrutinio del paciente y cuidadoso método y tratamiento experimental, que enunciaría posteriormente Francis Bacon; y, finalmente, el

⁷ Dante describía de esta manera la incesante actividad del lugar: «Como, en el arsenal, los venecianos / hierven la tenaz pez en la internada / y embrean los bajeles que sanos / están para la mar; y es fabricada / nueva nave por unos o, afanosos, / calafatean otros la averiada; / y proa y popa arreglan industriosos, o entre remos y cuerdas se reparte / su afán, y alzan trinquetes poderosos» (Dante, *Divina Comedia*, “Infierno”, Canto XXI, 7- 18).

⁸ [Guilielmi Gilberti Colcestrensis, Medici Londinenses] *De Magnete, magnetisque Corporibus, et de magno Magnete tellure; Physiologia noua, plurimis & argumentis, & experimentis demonstrata* (London, 1600). Además de esta edición original, el *De Magnete* conoció otras reimpressiones en latín, concretamente en los años 1628 y en 1633, editadas en Stettin; la última de las ediciones latinas, publicada en Berlín en 1892, era una edición facsímil del original de 1600. Para futuras referencias a esta obra, emplearemos el acrónimo *DM*, seguido del libro, capítulo correspondiente y, en su caso, número de página.

⁹ Así se desprende del prefacio encomiástico del *De Magnete* rubricado por su amigo Edward Wright, quien deseaba la mejor de las suertes al *De Magnete*, por ser la memoria de un trabajo, no de nueve años, sino «de dos veces nueve» (Wright, “Ad Gravissimum Doctissimumque virum...”, en *DM*, p. v^v).

capítulo dedicado a la *atracción eléctrica*, que Gilbert concibió como fenómeno separado de la atracción magnética. Éstos eran los ingredientes de un cóctel, se nos dice, que no habría registrado avances significativos hasta bien entrado el siglo XIX. Este punto de vista debe mucho a los portavoces de Gilbert de finales del s. XIX y principios del s. XX, el Prof. Silvanus P. Thompson y Paul F. Mottelay, autores de las únicas traducciones del *De Magnete* a lenguas modernas¹⁰. Las fuentes de este Gilbert *mítico*, sin embargo, cabe encontrarlas en fechas más tempranas, al menos desde los tiempos de Sir Christopher Wren, quien lo catalogó como «el padre de la nueva filosofía» (Wren [1750] 1965, p. 204). El aura *divina* de Gilbert periclitaría definitivamente con la síntesis newtoniana, condenando desde entonces a William Gilbert al más oscuro de los ostracismos. Aún así, cabe destacar esfuerzos ímprobos como el de William Whewell, quien veía en Gilbert al mayor de los «reformadores prácticos» de la ciencia (Whewell [1840] 1847, p. 212). Pero esta lectura en clave mítica de nuestro personaje posiblemente nos diga más acerca de nuestras propias creencias y convicciones, que de sus homónimas vigentes a finales del siglo XVI y principios del siglo XVII.

Los estudiosos de la obra de Gilbert reconocemos la deuda que tenemos para con estos ilustres profesores, aunque no por ello dejamos de reconocer ciertos vicios heredados dada su condición de historiadores *clásicos*. Ahora bien, sin menoscabo del reconocimiento debido a estos distinguidos historiadores por recuperar del olvido la figura del Dr. William Gilbert, se percibe que sus esfuerzos, aunque extraordinarios, se hicieron desde una óptica

¹⁰ La edición a cargo de Mottelay (New York, 1893) abre la puerta a las realizadas en lenguas modernas. Ésta ha sido reimpresa en 1941 y, posteriormente, en Chicago en 1952 como una parte del volumen 28 de la colección *Great Books of the Western World*, de la *Encyclopaedia Britannica*. Más recientemente, esta traducción se ha reeditado nuevamente en 1958, y hoy permanece en el catálogo de la editorial neoyorquina Dover. Gracias a ello es una obra relativamente fácil de conseguir. La edición alternativa de Thompson (London, 1900), gestada desde 1889 con la formación del *Gilbert Club*, cuyo proyecto principal era lanzar una edición del *De Magnete* conmemorativa del tercer centenario de su primera publicación, estuvo disponible a partir de 1901, si bien la tirada inicial fue bastante limitada, únicamente de 250 ejemplares. Esta edición, titulada *On the Magnet*, procuraba ajustarse del mejor modo posible al original, respetando incluso los mismos ornamentos tipográficos empleados antiguamente así como la paginación; esta joya bibliográfica se veía pronto acompañada de un extraordinario aparato crítico publicado como *Notes on the Magnet of Dr. William Gilbert* a cargo del Prof. Thompson, también en 1901. Ambas obras se han reimpreso conjuntamente en un único volumen en 1958 – esta vez en New York por Basic Books, aunque cada una mantiene su autonomía dentro del conjunto. Una curiosidad detectada entre ambas ediciones es que la de Mottelay comienza con la ‘Dedicatoria’, a la que le sigue el ‘Prefacio’; por el contrario, la edición de Thompson es más fidedigna a la versión original, y es el ‘Prefacio’ a cargo del propio autor lo que inaugura dicho tratado, seguido de la ‘Dedicatoria’ a cargo de su amigo el matemático Edward Wright. Entre ambas ediciones *rivales*, se publicó una versión en ruso en Moscú en 1956, editada por A. G. Kalashnikov y traducida por A. I. Dovatur.

que podríamos calificar de *presentista*, como correspondía a todo buen historiador decimonónico, que destacaba los *aciertos* del pasado a la luz del conocimiento vigente, y veían en Gilbert un pionero, tanto del geomagnetismo, como de la electricidad. De este modo, dada la familiaridad de estos autores con la ingeniería, en sus estudios invirtieron más tiempo (y tinta) en analizar un solo capítulo del *De Magnete*, el segundo del Libro Segundo, que trataba sobre las atracciones eléctrica y magnética, que a la totalidad del Libro Sexto y último, que contiene todo su pensamiento cosmológico, imbuido de ideas metafísicas¹¹. Por ello no es de extrañar que su otra obra publicada, el *De Mundo Nostro Sublunari*¹², ocupase una posición verdaderamente marginal en cuanto que suponía un anatema respecto a la supuesta imagen *verdadera* del héroe que, en el fondo, no era más que un constructo.

A pesar de estos notables esfuerzos pioneros, y la venerable tradición existente en cuanto a la reflexión de segundo orden sobre la ciencia, así como sobre su historia¹³, estos historiadores clásicos mantendrían un punto de vista bastante solidario con las tesis esgrimidas por los primeros filósofos de la ciencia profesionales, agrupados inicialmente en torno a la Cátedra de Moritz Schlick, a la sazón uno de los precursores del Círculo de Viena, que posteriormente cristalizó en la llamada Concepción Heredada. Este empirismo de carácter lógico se inspiraba, a su vez, en las tesis sostenidas por un joven Ludwig Wittgenstein en el *Tractatus*¹⁴, que marcaban un punto de inflexión en la reflexión filosófica al inaugurar el llamado *giro lingüístico*. El análisis lógico de las proposiciones lingüísticas, sobre la base de la experiencia como garantía de todo conocimiento, cobraba verdadero protagonismo dentro de una concepción de la ciencia como conocimiento neutral, objetivo, de carácter acumulativo hacia una descripción verdadera de la realidad. Asociado a esta hipótesis, se proclamaba la distinción entre contexto de descubrimiento y de justificación (Reichenbach 1938, p. 5). El segundo, de carácter *internalista*, obedecería a un patrón de desarrollo lógico y progresivo, mientras que en el otro tendrían cabida los episodios de *ciencia errónea*, cuyo tratamiento se desdeñaba a favor de la sociología, en

¹¹ Como muestra, cabe destacar la reimpresión del capítulo 2 del Libro en Thompson 1903d, o el detallado tratamiento de la cuestión que se puede apreciar en Mottelay 1922.

¹² [Guilielmi Gilberti Colcestrensis, Medici Regii] *De Mundo Nostro Sublunari Philosophia Nova. Opus posthumum, Ab Authoris fratre collectum pridem & dispositum, nunc Ex duobus Mss. codicibus editum.* (Amsterdam, 1651). En adelante, *De Mundo* (acrónimo DMS).

¹³ Por ejemplo, encontramos una suerte de reflexiones, más o menos sistemáticas, en Aristóteles, *Metafísica*, I.

¹⁴ L. Wittgenstein, *Tractatus Logico-Philosophicus* (London, 1922), aunque apareció un año antes como “Logisch-Philosophische Abhandlung”. *Annalen der Naturphilosophie*, vol. XIV, nº 3-4, 185-262.

última instancia el *vertedero* al que iba a parar todo aquello que escapaba de los estrechos límites de lo racional.

2. *La revisión post-positivista de un héroe de leyenda.*

En los márgenes de la Gran Tradición.

Aunque los autores pertenecientes a la corriente positivista manejaban una concepción implícita del decurso histórico del conocimiento científico, que no era más que un mero corolario a su ambicioso proyecto normativo, hubo que esperar hasta mediados del siglo XX para el reconocimiento institucional (y profesional) de la Historia de la Ciencia como disciplina de la mano de Alexandre Koyré, cuyo objeto preferente de análisis historiográfico giraba en torno a la llamada *Revolución Científica*. Esta expresión había sido acuñada anteriormente por el historiador Herbert Butterfield¹⁵, si bien Koyré contribuyó sobremanera a su popularización. Butterfield postulaba una profunda transformación radical de las ideas en los siglos XVI y XVII, cuyos orígenes se remontaban al Humanismo del siglo XV y su consabida reivindicación del saber de los antiguos, así como a los creadores de la Nueva Filosofía de los siglos XVII y XVIII, quienes concebían su trabajo como esencialmente *novedoso*¹⁶. La Revolución Científica, para Butterfield, era, pues, producto de «la actividad creadora de occidente» (Butterfield [1949] 1982, p. 181).

Pese a afirmarse la existencia de la *Revolución Científica* casi desde los inicios¹⁷,

¹⁵ H. Butterfield, *The Origins of Modern Science, 1300- 1800* (London, 1949). En esta obra, Butterfield dedica el capítulo X al lugar que ocupa la Revolución Científica en la historia de la civilización occidental, revolución que, en su opinión, se dio con cierto «retraso» en la química. En la Antigüedad, «revolución» tenía la connotación de un periodo cíclico recurrente; en un esquema lineal del tiempo, la «revolución» adquiere la significación de una reordenación radical e irreversible, concepto aparecido en la Francia Ilustrada. Las primeras revoluciones, en cuanto tal, pudieron haber sido científicas. Shapin, por su parte, defiende que la Revolución Científica, como tal, nunca existió (Shapin [1996] 2000, p. 17).

¹⁶ Muchas figuras clave afirmaban proponer cambios muy nuevos y muy importantes en el conocimiento de la realidad natural y en las prácticas por las que se podían adquirir, caso de Gilbert, como veremos más adelante. Ellos se veían a sí mismos como *modernos* en contraposición a los *antiguos*, a los cuales se desacreditaba por norma general. La Revolución Científica era significativamente, pero sólo parcialmente, «algo nuevo» (Shapin [1996] 2000, p. 94).

¹⁷ Como trabajos pioneros pueden citarse J. H. Robinson, *The mind in the Making* (New York; London, 1921); E. A. Burt, *The Metaphysical Foundations of the Modern Physical Science* (New York, 1925); A. N.

hubo importantes trabajos en los años treinta que no mencionan el concepto de «revolución»¹⁸. Posteriormente, este concepto se vuelve esencial para la aprehensión de lo acaecido fundamentalmente durante el siglo XVII, hasta el punto que, ya en los años cincuenta, el concepto mismo de «revolución» devino popular entre los historiadores, con independencia de que se fuera solidario (o no) con las tesis esgrimidas por Koyré¹⁹. Posiblemente gracias a ello, pervive una concepción *tradicional* que defiende la existencia de *algo* comprendido entre finales del siglo XVI y mediados del siglo XVIII, bien sea una revolución conceptual, o una serie de cambios radicales, etc., que han afectado la *Weltsanschaaung* que nuestra civilización asume²⁰. La figura retórica fundamental considera que el objeto propio de la investigación no se encuentra en los libros de los autores humanos, sino en el Gran Libro que la Naturaleza nos pone ante nosotros. Otra cosa es que estuviese escrita (o no) en lenguaje matemático, a pesar de que su autor se consideraba *divino*. Asociada a esta idea, encontramos el rechazo a la autoridad libresca y sus dogmas de fe así como una potenciación del individualismo en términos intelectuales, al estilo cartesiano. Paralelamente, la aparición de la imprenta de tipos móviles posibilitaba una lectura personal de la Biblia, ajena a toda mediación sacerdotal.

Desde el punto de vista metodológico, los *Études galileenes* de Koyré²¹ iniciaron una *revolución* historiográfica al privilegiar la lectura simpatética de los textos pretéritos en su idioma original (Kuhn [1962, 1970] 1990, p. 10, 1n). De este modo, se pretendía la inmersión total en una *Weltsanschaaung* determinada, en la medida en que se guardaba una especial fidelidad textual a los autores. Abanderado de la *Tesis de la Discontinuidad* (o rupturista), para Koyré el siglo XVII fue testigo de una «profunda transformación

Whitehead, *Science and the Modern World* (New York, 1925); J. H. Randall jr., *The Making of the Modern Mind* (Boston, 1926); M. Orstein, *The rôle of the scientific societies in the seventeenth century* (Chicago, 1913); P. Smith, *History of the Modern Culture, vol. 1: The great renewal, 1543 – 1687* (New York, 1930); J. D. Bernal, *The Social Function of Science* (London, 1939); y J. D. Bernal, *Science in History*, vol. 2 (London, 1969).

¹⁸ Como, por ejemplo, R. K. Merton, “Science, Technology and Society in Seventeenth Century England”. *Osiris*, vol. 4 (1938), 360 - 632.

¹⁹ Aparte de la obra de Butterfield, citada anteriormente, destacan los estudios clásicos de A. R. Hall, *The Scientific Revolution, 1500- 1800: the formation of the modern scientific attitude* (London, 1954); y, cómo no, T. S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions* (Chicago, 1962). Cohen defiende que, gracias a Kuhn, se sabe que las revoluciones en ciencia no sólo existen, sino que son parte integrante de la iniciativa científica en su conjunto (Cohen [1985] 2002, p. 350). En el extremo contrario, se sitúa H. Guerlac, *Science in Western Civilization* (New York, 1952), para quien la expresión no merece siquiera un mísero subtítulo.

²⁰ Sobre las cronologías que sitúan este proceso, es necesario mencionar que, aunque no hay un consenso entre los historiadores para definir los límites, sí es cierto que, en general, parecen moverse en una horquilla aproximada, en la que no se registran grandes variaciones de carácter *revolucionario*.

²¹ A. Koyré, *Etudes Galiléennes* (Paris, 1939).

intelectual» (Koyré [1939] 1980, p. 1), consistente en adoptar la filosofía platónica frente al aristotelismo hasta entonces reinante, articulada en torno a dos supuestos básicos: la *geometrización* del espacio, concebido como una extensión esencialmente infinita y homogénea, y la *disolución* de un Cosmos finito y ordenado en aras de un Universo indefinido, si no infinito, aunque unificado mediante leyes (Koyré [1957] 1999, p. 6). Su *intelectualismo holista* le predisponía a mostrar una cierta sensibilidad y apertura hacia los sistemas de creencias y estructuras de pensamiento, hasta el punto de incluir el estudio de los *errores* como un objeto digno de atención.

No obstante, pese a estos *avances* metodológicos, Koyré seguía apegado al derecho consuetudinario del *internalismo* al postular que el desarrollo de una determinada disciplina obedecía a criterios estrictamente *racionales*, en abierta oposición al *externalismo* materialista postulado por los sociólogos. A partir de estos rasgos, podríamos articular una filosofía implícita de la ciencia, en la que no hay criterios inequívocos de progreso, puesto que los sistemas de pensamiento son, de suyo, discontinuos. Pero, a pesar de los posibles obstáculos, Koyré defendía que la ciencia constituía el camino más seguro hacia la *verdad*. También es cierto que la consecuente infravaloración del experimentalismo y del inductivismo condujeron a relegar a Gilbert a no ser más que un copernicano timorato que se negaba a aceptar las tesis *heliocéntricas* de Copérnico hasta sus últimas consecuencias (Koyré [1957] 1999, p. 56) constituyendo, de ese modo, una mala copia de Thomas Digges. En resumidas cuentas, Gilbert era el convidado de piedra (magnética) en el banquete de los grandes *héroes* de la ciencia.

La obra de Koyré siempre se ha tenido en cuenta como una reacción crítica hacia la obra de Pierre Duhem, a la vez historiador y filósofo de la ciencia de corte positivista, quien señaló la importancia científica de las obras de los pensadores escolásticos²², suscribiendo con ello la *Tesis Continuista* al adoptar una posición no revolucionaria del cambio científico²³. En sus obras sobre física medieval²⁴, Duhem defiende el avance

²² A diferencia de Duhem, que reivindicaba a figuras como Oresme, Buridan y Alberto de Sajonia, para Koyré Arquímedes era el héroe prototípico que simbolizaba este cambio de perspectiva.

²³ Cohen lo llega a definir como un católico convicto y confeso, conservador en lo político y lo social (Cohen [1985] 2002, p. 474).

²⁴ Véase, a título de ejemplo, P. Duhem, *Les origines de la statique* (Paris, 1905); *Études sur Léonard de Vinci: ceux qu'il a lus et ceux qui l'ont lu* (Paris, 1906-1913); *La théorie physique: son objet sa structure* (Paris, 1914); y *Le Système du Monde: Histoire des Doctrines cosmologiques de Platon à Copernic*, 10 vols. (Paris, 1913 - 1959).

progresivo de la ciencia, sin cambios rupturistas.

Otro de los adversarios teóricos de Koyré lo encontramos en el *sociologismo* propugnado por Robert K. Merton, cuya famosa tesis se resume en lo que se conoce como el *programa débil* de la sociología del conocimiento científico: para Merton, existe una influencia social, económica y militar sobre la dirección de las investigaciones, el reclutamiento de los científicos y los cambios de interés entre los diversos campos de estudio. Merton establece, asimismo, una correlación entre el puritanismo y la ciencia, atribuyendo de este modo una función causal a una cierta moral en la tarea investigadora. Desde este punto de vista, el estudio de la sociología es muy pertinente para tratar de explicar (o comprender) el *error* y la *desviación* de la regla racional. Los primeros sociólogos académicos de la ciencia participaban de esta distinción entre conocimiento genuino y espurio²⁵. Karl Marx había sostenido anteriormente que, bajo los productos culturales más o menos nobles, subyacían intereses sociales encubiertos. Historiadores marxistas como Edgard Zilsel enfatizaban la *sinergia* establecida entre los gremios artesanales y el proceder metodológico de William Gilbert²⁶, de modo que su trabajo constituía una bisagra entre los mundos artesanal y académico. Zilsel destacaba, así, una admirable *simpatía* entre teoría y praxis en un contexto en el que las mejoras en la navegación eran recibidas con los brazos abiertos.

La redención de Gilbert a raíz de la Revuelta Historicista.

En los años sesenta se produce una revisión de la imagen tradicional de la ciencia y la tecnología, caracterizada por la pérdida de la anterior certidumbre, y la aceptación de procesos en los que no hay consenso posible. En este sentido, la obra de Thomas S. Kuhn constituye un punto de inflexión entre una Filosofía *racionalista*, que concebía la ciencia como actividad racional, y cuyas decisiones se tomarían en virtud de reglas universales, y una de corte *sociologista*, que cuestiona las dicotomías asociadas a las teorías precedentes,

²⁵ Para un rudimentario análisis sociológico del conocimiento, podríamos retrotraernos incluso hasta Jenófanes de Colofón, quien había sentenciado que «Los Etiopes dicen que sus dioses son chatos y negros y los tracios que tienen los ojos azules y el pelo rubio» (Kirk, Raven, y Schofield [1957, 1983] 1999, p. 258, fr. 168).

²⁶ E. Zilsel, “The origins of William Gilbert’s scientific method”. *Journal of the History of Ideas*, vol 2, issue 1 (1941), 1 – 32.

admitiendo la confluencia de hechos, intereses y valores en el producto científico resultante (Solís 1994, p. 13).

A partir de *The Structure of Scientific Revolutions* de Kuhn (Chicago, 1962), la categoría de *cambio científico* empezó a cobrar protagonismo. La influencia ejercida por autores como Koyré, el sociólogo Ludwik Fleck²⁷, y el polifacético Norwood H. Hanson²⁸, se traduce en la concepción del cambio científico como *revolucionario*. Una de las principales contribuciones de Kuhn fue la de elucidar el funcionamiento de esos compromisos sociológicos en ausencia de reglas lógicas de racionalidad (Solís 1994, p. 29). Las características más sobresalientes de este planteamiento kuhniano clásico son las siguientes: la dependencia teórica de las observaciones, que le llevó a un holismo extremo; la inconmensurabilidad de las teorías, cuestión que matizaría posteriormente; y, frente a un Popper en plena forma, subrayaba la resistencia de las teorías frente a la falsación, variante de la tesis de Duhem-Quine.

Casualmente o no, Wittgenstein había revisado, más o menos recientemente, las tesis del *Tractatus* en sus *Investigaciones Filosóficas*²⁹, obra en la que se hacía patente su renuncia a la búsqueda de un lenguaje lógicamente perfecto y admitía el lenguaje como *juego*, y nociones como los *parecidos de familia*. El texto clásico de Kuhn puso sobre el tapete la noción de *paradigma*, discutida desde varios frentes³⁰. Filósofos con tendencia historicista han pretendido actualizar este concepto, y así encontramos, por ejemplo, los *Programas de Investigación Científica* de Imre Lakatos y las *Tradiciones de investigación*, de Larry Laudan³¹.

Para contrarrestar los excesos matematizantes y platonizantes de Koyré, otros

²⁷ L. Fleck, *Entstehung and Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache. Einföhrung in die Lehre vom Denkstil und Denkkollektiv* (Basel, 1935).

²⁸ N. R. Hanson, *Patterns of Discovery: an Inquiry into the Conceptual Foundations of Science* (Cambridge, 1958). Destaca también su *Observation and Explanation: a Guide to Philosophy of Science* (London, 1971).

²⁹ L. Wittgenstein, *Philosophische Untersuchungen* (Oxford, 1953).

³⁰ Como en el clásico texto de Mastermann 1970.

³¹ I. Lakatos, *The Methodology of Scientific Research Programmes. Philosophical Papers, vol. 1* (Cambridge, 1978); L. Laudan, *Progress and its Problems: toward a theory of scientific growth* (Berkeley, CA, 1977). En el seno de otras perspectivas, cabe tener en cuenta, por ejemplo, el concepto de *episteme* manejado por Foucault en *Les mots et les choses: une archéologie des sciences humaines* (Paris, 1966), que hacía referencia a una estructura subyacente (e inconsciente) que delimitaba el campo del conocimiento y los modos en los que los objetos son percibidos, agrupados y definidos. Ésta no era tanto una creación humana cuanto el sustrato en el cual el hombre se instala, y desde el cual conoce y actúa conforme a sus reglas.

autores han subrayado el carácter distintivo y diferencial de la Revolución Científica en Inglaterra; son los casos, por ejemplo, de Richard F. Jones³², quien habla de un movimiento fundamentalmente inductivista (vale decir, baconiano) en el periodo isabelino, así como de una *tradición gilbertiana* propiamente dicha que se desarrolló entre 1600 y 1640 (Jones [1961] 1982, pp. 62- 84). Junto a Digges, Jones rescata su figura de *copernicano solitario* (*Op. cit.*, p. 11). El propio Kuhn reivindicó abiertamente la importancia de las ciencias baconianas en el desarrollo de la *Revolución Científica*, como complemento a las ciencias que él estimaba *clásicas*: astronomía, estática, óptica, matemáticas y armonía³³. Más recientemente, Rom Harré planteaba un curso introductorio de filosofía de la ciencia desde un punto de vista que él consideraba alternativo, constituido por la *tradición experimental*³⁴. Desde esta perspectiva, el magnetismo era concebido como la piedra angular en torno a la cual se articuló el desarrollo de la física moderna.

Coincidiendo con el derrumbe del *Viejo Racionalismo* y el surgimiento de nuevas corrientes historiográficas, que admiten otros patrones de científicidad, y estudian los autores *en contexto*, la aparición de sendos monográficos dedicados a la obra de Gilbert abrieron la puerta a nuevas líneas de interpretación sobre nuestro autor de referencia. Los textos clásicos de Duane H. D. Roller y su discípula Suzanne Kelly suponen unos excelentes estudios sobre las respectivas obras de Gilbert³⁵, y reivindican todos sus aspectos en pie de igualdad, alejados ambos de una óptica *presentista*. El trabajo de Kelly supone un buen resumen introductorio de ese gran desconocido que es el *De Mundo*, mientras que el de Roller incluye, además de los aspectos tradicionalmente considerados sobre las atracciones magnética y eléctrica, la concepción de la Tierra como un gran imán, etc., un tratamiento exhaustivo de las repercusiones del magnetismo en la navegación.

Por otro lado, los importantes trabajos de Frances Yates destacaban la influencia de las artes herméticas en los comienzos de la Inglaterra renacentista, así como la conexión

³² R. F. Jones, *Ancient and Moderns: a study of the Rise of the Scientific Movement in Seventeenth- Century England* (Washington, 1936; revised ed.: New York, 1961).

³³ Th. S. Kuhn, "Mathematical vs. Experimental Traditions in the Development of Physical Science". *Journal of the Interdisciplinary History*, nº 7 (1976), 1 – 31; reimpresso en Th. S. Kuhn, *The Essential Tension: selectes studies in Scientific Tradition and Change* (Chicago, 1977), pp 31 - 65.

³⁴ R. Harré, *The method of science* (London, 1970).

³⁵ D.H. D. Roller, *The De Magnete of William Gilbert* (Amsterdam, 1959); y S. Kelly, *The De Mundo of William Gilbert* (Ámsterdam, 1965).

entre Gilbert y Bruno³⁶. Su obra implica un tratamiento detallado de la base alquímica de la *Revolución*, esto es, de aquello que no se contemplaba dentro de lo tradicionalmente considerado como *racional*. En esta línea innovadora, cabe destacar igualmente un excelente artículo de Gad Freudenthal³⁷, centrado en las influencias aristotélicas y químicas de la *teoría* de la materia defendida por Gilbert, piedra angular de su proyecto filosófico.

Los estudios sociales de la ciencia y la consolidación de la Filosofía de la Actividad Científica.

En los setenta tiene lugar un florecimiento de la Sociología de la Ciencia, tras la reacción historicista de los sesenta; Barry Barnes y David Bloor, que abanderan la llamada *Escuela de Edimburgo*, propusieron un tratamiento sociológico más refinado que el de sus predecesores, y destacan por ser los exponentes de lo que se ha dado en llamar el *Programa Fuerte* de la Sociología del Conocimiento Científico, planteado también como revisión del programa mertoniano. Los apóstoles de este movimiento son proclives a producir explicaciones causales en términos de intereses sociales. Para ellos, toda forma de conocimiento está socialmente construida; admiten, sin embargo, un mundo exterior que constriñe nuestras creencias. La ciencia, por tanto, pierde su autonomía tradicional, al ser un producto de circunstancias históricas y culturales articulada en función de cuatro principios enunciados por Bloor: el estudio *causal* de las condiciones que producen creencias; *imparcialidad* respecto a la verdad o la falsedad; *simetría* en la explicación de los aciertos y los errores; y *reflexividad*, en cuanto que esos principios deben ser aplicables a la Sociología misma (Bloor [1971, 1991] 1998, pp. 38- 39).

Intereses y valores pasan a ser ahora las categorías explicativas fundamentales, dentro de este enfoque macrosocial. En este sentido, una acción social *motivada* no ha de ser *necesariamente* irracional; no hay que restringir los intereses sociales a motivaciones grandiosas o espurias. De este modo, redefinen a su manera la clásica distinción entre factores internos y externos a la ciencia. La consecuencia de todo ello es doble: por un lado, tenemos a) teorías infradeterminadas por los hechos; y, su vez, b) hechos

³⁶ Véase, por ejemplo, F. Yates, *Giordano Bruno and the Hermetic Tradition* (London and Chicago, 1964); "The Hermetic Tradition in Renaissance Science", en C. S. Singleton, ed., *Art, Science, and History in the Renaissance* (Baltimore, 1967); y *The Occult Philosophy in the Elizabethan England* (London, 1979).

³⁷ G. Freudenthal, "Theory of Matter and Cosmology in William Gilbert's De Magnete". *Isis*, vol. 74, nº 1 (1983), 22- 37.

sobredeterminados por las teorías. La Sociología de la Ciencia pasa a especializarse en el estudio del cambio de las teorías científicas, no tanto en su contenido, y así el análisis de cualquier aspecto de la ciencia puede tratarse desde la óptica sociológica. Y esto abre la puerta de entrada a categorías tan aparentemente afines a los Racionalistas clásicos, como el naturalismo³⁸ y el causalismo, combinados con el temido relativismo en su forma más radical. Pero los sociólogos de la ciencia, más que naturalizar la epistemología, se han dedicado a naturalizar el estudio de la ciencia (Solís 1994, p. 69). Por otro lado, dichos sociólogos atenúan su relativismo radical al admitir la lógica y las matemáticas como procedimientos de transformación de enunciados sin los que la ciencia y el conocimiento serían imposibles.

Ya en la década de los ochenta, el *Programa Empírico del Relativismo (EPOR)* de autores como Harry Collins y Trevor Pinch supone una transición hacia enfoques más microsociales. Entre sus tesis, defienden mostrar empíricamente que hay resultados que admiten múltiples interpretaciones. Es preciso, pues, analizar los mecanismos que condicionan que sólo se seleccionen *de facto* determinadas interpretaciones, y que estos mecanismos, a su vez, se relacionen con el medio sociocultural en el que surgen. Finalmente, un último eslabón en la transición hacia los enfoques microsociales lo componen los llamados *estudios de laboratorio*, cuyo enfoque es meramente descriptivo. A este grupo pertenecen los *etnometodólogos* como Bruno Latour y Steve Woolgar, quienes se caracterizan por su relativismo tanto ontológico (no hay un mundo natural independiente) como epistemológico (no hay conocimiento objetivo). Son *ateóricos*, conciben el conocimiento científico como costumbre y convención. Su teoría de la red de actores (ANT) postula un constante proceso de interacción de los elementos humanos y no-humanos del sistema. Respecto a planteamientos sociologistas previos, supone una vuelta al redil la admisión de que la *naturaleza*, si bien entendida como conjunto de actores no-humanos, juega un papel fundamental en la construcción de eso que llamamos «ciencia» en términos de conocimiento científico.

Frente a estos planteamientos tan *transgresores*, otros autores han propuesto una redefinición de los términos tradicionales. Es el caso, por ejemplo, del *empirismo*

³⁸ La *naturalización* de la epistemología, el cómo se llega a las creencias sobre el mundo basándose en estímulos sensoriales, hunde sus raíces en los trabajos de autores como Kuhn y Quine.

constructivo de Bastian C. Van Fraassen³⁹, caracterizado por su planteamiento *antirrealista*, al poner sobre el tapete el concepto de *adecuación empírica*, y redefinir lo que cae bajo el dominio de lo observable al incluir las extensiones físico- fisiológicas de los sentidos, esto es, los artefactos técnicos y tecnológicos del momento. Esta noción, por otro lado, es bastante solidaria con la que expone Helen Longino⁴⁰, una de las autoras más representativas de la corriente de los estudios de género, si bien muestra un compromiso ontológico sustancialmente diferente al defender un *realismo mínimo* desde las premisas de su *empirismo contextual*. En este contexto, creemos que la obra de William Gilbert puede resultar de extraordinario interés para los autores y autoras comprometidos con el discurso de género, pues veremos más adelante el tipo de metáforas que emplea para describir el mecanismo que rige el movimiento de los astros en el Universo. Es éste un tema en el que, aunque no hemos profundizado, consideramos que sería de relevancia particular para tratar en futuras investigaciones.

Los instrumentos eclipsan al ingeniero.

En los años ochenta irrumpió en el escenario filosófico una nueva tendencia, que subrayaba las insuficiencias de los enfoques meramente teóricos y abogaba por un planteamiento centrado en el análisis de los instrumentos, de la mano, entre otros, de Ian Hacking⁴¹, quien ha reivindicado la dignidad del experimento en el seno de la ciencia y, por ende, en el debate sobre la misma. Desde esta nueva óptica se afirma que, más allá del cambio teórico, en cualquiera de las versiones que se defiendan, el dominio constituido por los instrumentos cuenta con una lógica propia de desarrollo, e independiente en muchos casos del *corpus* teórico vigente. En este proceso resulta fundamental el rol de los instrumentos, al aportar una objetividad que trasciende el cambio teórico. De hecho, se llega a hablar incluso de *paradigmas tecnológicos*. Ahondando más en este planteamiento, *experimentar* no implica tanto *descubrir* cuanto «crear, producir, refinar y estabilizar fenómenos» (Hacking [1983] 1996, p. 259) que luego constituirán, en gran medida, las piezas centrales de la teoría. Un paso más se ha dado al descender del nivel del experimento y de la experimentación, entendidos como acción, al del instrumento

³⁹ Definido principalmente en B. Van Fraassen, *The Scientific Image* (Oxford, 1980).

⁴⁰ H. Longino, *Science and Social Knowledge: values and objectivity in scientific inquiry* (Princeton, 1990).

⁴¹ Con su clásico I. Hacking, *Representing and Intervening* (Cambridge, 1983).

científico⁴². Aquí no sólo se trata de diseñar un experimento y hacer que funcione, supeditándolo bien a confirmar una teoría, o bien a refutarla, sino que se entiende que el propio instrumento adquiere valor epistemológico en sí (y por sí) mismo. Desde este punto de vista, instrumentos especialmente relevantes llegan a erigirse en *marcas*, es decir, puntos de-no-retorno en la praxis científica que, con independencia del compromiso teórico asumido, sobre ellos ya no cabe vuelta atrás. Un honorable ejemplo de ello lo tenemos en la brújula: una vez utilizada en navegación, se hace impensable echarse a la mar prescindiendo de sus servicios. En cualquier caso, lo que hay son *transformaciones* posteriores sobre la base de lo que se ha instituido, pero en absoluto un regreso a un punto de partida anterior.

A pesar de la pujanza de las corrientes instrumentalistas, el magnífico trabajo de Stephen Pumfrey se muestra claramente heredero de las categorías kuhnianas al hablar de creación y destrucción de *consensos* en torno al pensamiento de Gilbert⁴³. Más recientemente, Jim Bennet⁴⁴ sí ha puesto de relieve el rol desempeñado por algunos instrumentos, como los empleados por Gilbert, en la articulación del pensamiento de un modo subsidiario, al servicio de la teoría. Finalmente, un autor que dedica una parte relevante de su estudio a la figura de Gilbert es Art R. T. Jonkers⁴⁵, quien lo inscribe dentro de una historia de las hipótesis geomagnéticas, en tanto parte integrante de una segunda etapa, más temática que cronológica, consistente en postular un modelo bipolar inclinado para la Tierra, cuyos polos magnéticos y geográficos se conciben como estáticos.

⁴² Como, por ejemplo, D. Baird, "Five Theses on Instrumental Realism". *Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, vol. 1: Contributed papers, (1988), 165- 173; D. Baird y Th. Faust, "Scientific Instruments, Scientific Progress and the Cyclotron". *The British Journal of the Philosophy of Science*, vol. 41, nº 2 (Jun, 1990), 147 - 175; D. Baird y A. Nordmann, "Facts-well-Put". *British Journal of the Philosophy of Science*, vol. 45 , nº 1, (March 1994), 37 - 77; 1994; D. Baird, "Thing Knowledge - Function and Truth". *Techné: Journal of the Society for Philosophy and Technology*, vol. 6, nº 2 (Winter, 2002), 13 - 27; y D. Baird, *Thing Knowledge: A Philosophy of Scientific Instruments*. (Berkeley & Los Angeles, CA, 2004).

⁴³ Por ejemplo, en trabajos como los de S. Pumfrey, *William Gilbert's Magnetic Philosophy, 1580- 1684: The Creation and Dissolution of a Discipline*. Ph., D. Dissertation, U. of London, 1987a; "Mechanizing Magnetism in Restoration England -the Decline of Magnetick Philosophy". *Annals of Science*, vol. 44 (1987b), 1- 22; "O tempora, O magnes! A sociological analysis of the discovery of secular magnetic variation in 1634". *British Journal of the History of Science*, vol. 46 (1989), 181- 214; y *Latitude and the Magnetick Earth* (London, 2002).

⁴⁴ J. Bennet, "Presidential address: Knowing and doing in the sixteenth century: what were instruments for?". *British Journal of the History of Science*, vol. 36, part. 2, nº 29 (June 2003), 129- 150.

⁴⁵ A. R. T. Jonkers, *North by Northwest: Seafaring, Science, and the Earth's Magnetic Field* (Göttingen, 2000); y A. R. T. Jonkers, *Earth's Magnetism in the Age of Sail* (Baltimore, 2003).

3. La heurística de la transformación de los problemas.

Hace ya algunos años, Javier Echeverría vaticinaba que «el reto principal que tienen los estudios sobre la ciencia durante los próximos años consiste en analizar y teorizar la acción de los científicos y de los tecnólogos, en la medida en que los *procesos de cambio científico* (y tecnológico) se han revelado como importantes motores de los grandes procesos de cambio económico y social» (Echeverría 1999, p. 297). Podría decirse que este trabajo se inscribe en esta línea, por cuanto pretende estudiar un estudio de caso (la *acción* de un filósofo natural en concreto) dentro de un contexto más general de *cambio científico*, un cambio que afectaría no sólo al contenido epistemológico, sino también a las prácticas y, especialmente, al instrumental técnico empleado.

El núcleo en torno al cual hemos articulado nuestra exposición gira en torno a la filosofía magnética de William Gilbert en el contexto del problema de la determinación de la longitud. De entrada, la propia riqueza (entendida como complejidad) intrínseca del problema sugiere que se contemple dentro de una hipótesis general que postula *la interacción de hechos, intereses y valores en los procesos de cambio científico*. El cambio científico, su explicación y justificación, han sido y continúan siendo una de las cuestiones fundamentales tanto en historia de la ciencia como en filosofía de la ciencia. En general, y con independencia de que se entienda como acumulativo, evolutivo o revolucionario, el cambio científico se ha entendido como la sustitución de una teoría por otra motivada por los hechos, es decir, como una relación estricta entre teoría y hechos. Esta posición se ha ido encontrando con una serie creciente de problemas como la infradeterminación de la teoría por los datos, la inconmensurabilidad, la carga teórica de la observación, la distinción entre factores internos y externos... todos ellos relacionados con las cuestiones señaladas al principio.

Al haber situado las corrientes de interpretación de Gilbert en el contexto más general de la historia y la filosofía de la ciencia, comprobamos que, en líneas generales, la figura de William Gilbert ha sido una de las grandes *olvidadas* y, en los contados casos en los que no ha sido así, su importancia ha sido infravalorada⁴⁶. El derecho de admisión de

⁴⁶ Pumfrey y Tilley 2003 llegan incluso a referirse a Gilbert en términos de «genio en el olvido» (*forgotten*

Gilbert dentro del panteón dedicado a las grandes figuras no ha estado exento de polémica⁴⁷. Al tiempo que era un reconocido *padre* de las ciencias eléctrica y magnética, y pionero del geomagnetismo, Gilbert era objeto de todo tipo de controversias: figuras como Edgard Zilsel veían en Gilbert el primer filósofo experimental (Zilsel 1941, pp. 1, 27); otros, como John Heilbron, lo veían como un peripatético moderado víctima de su propia charlatanería (Heilbron [1979] 1999, p 169); Freudenthal también veía en él un peripatético, si bien mantenía un rasgo definitorio distintivo: la capacidad para inaugurar una revolución (Freudenthal 1983, p. 37). Cohen se mostraba algo más generoso en su valoración, al ver en Gilbert la semilla de una revolución, aunque únicamente «en los papeles» (Cohen [1985] 2002, p. 131), del mismo modo que Kuhn valoraba la obra de Copérnico (Kuhn [1957] 1996, pp. 184 y ss.)⁴⁸.

Conviene tener en cuenta que Gilbert es un autor perteneciente a la época pre-institucional de la ciencia, con lo que no se trataría de un científico en sí mismo en tanto que *funcionario* sino, en todo caso, de un filósofo natural, cuya característica distintiva estriba en su carácter *amateur*. Sin embargo, creemos que las categorías aplicadas en este trabajo se ajustan perfectamente al perfil desarrollado, y que únicamente registraría una diferencia de grado respecto al análisis de la obra de un *científico* per se. Pese a la *grandeza* discutida e indiscutible de nuestro protagonista, el trabajo científico comprende la contribución de muchos autores marginales que van creando una base más o menos sólida, al estilo de los *castellers*, que aupara y facilita el trabajo del autor en cuestión, cuya labor se asemeja a la del *niño* nitzscheano. Nuestro trabajo muestra, igualmente, que el trabajo de Gilbert no surgió por generación espontánea, sino como resultado de la labor tan oscura pero necesaria de los *jornaleros* del conocimiento, los diestros en el *know - how*.

Aun a riesgo de caricaturizar a un autor tan relevante como Laudan, queremos recuperar como punto de partida su tesis inicial de que «la ciencia progresa sólo si las teorías sucesivas resuelven más problemas que sus predecesoras» (Laudan [1977] 1986, p. 11). Lejos de pretender una vuelta a los problemas filosóficos discutidos hace dos décadas,

genious); disponible en <http://physicsworld.com/cws/article/print/18485> [último acceso, 15 de julio de 2009].

⁴⁷ Sobre las actitudes de los historiadores hacia Gilbert, puede consultarse Hess 1960.

⁴⁸ Esta etapa en una revolución científica, se caracterizaría, según Cohen, por la mera circulación de las ideas entre los miembros de la comunidad científica (véase *Íbid.*, p. 43), aunque le faltaría una etapa más para que se llegase a considerar *efectiva*, momento en el que otros aceptan las teorías, los descubrimientos o los nuevos procedimientos metodológicos.

creemos oportuno matizar esta sentencia para que nos sirva como punto de arranque: en primer lugar, creemos, y así se desarrolla nuestro discurso que, en vez de *resolución*, cabe hablar, en su lugar, de *transformación*⁴⁹. Esta categoría tiene en cuenta factores como el desarrollo y la evolución, no sólo de un *corpus* teórico en concreto, bien sea una teoría particular, un marco paradigmático, programa o tradición de investigación, sino también del tipo de los problemas mismos a tratar y de sus posibles soluciones, así como de los artefactos diseñados para ello. Por tanto *los problemas, una vez planteados, lejos de resolverse de un modo definitivo, únicamente se transforman*; y la evolución no-unidireccional de la investigación científica corre paralela a dichas transformaciones. En nuestro trabajo se pone de manifiesto que las *transformaciones* se dan a distintos niveles. Para empezar, concebimos la condición particular y novedosa de la obra de Gilbert como resultado de las interesantes transformaciones que muestra respecto a autores y tradiciones previas. Es decir, no se dan sólo transformaciones en el seno del quehacer cotidiano de Gilbert, sino que él mismo supone una transformación en comparación con sus predecesores.

A su vez, Gilbert contribuye a consolidar una red en virtud de las asociaciones establecidas entre él, como elemento humano, y los elementos no-humanos que tenía a su disposición⁵⁰, en particular la *terrella*, uno de los instrumentos que se revelaron capitales para desarrollar toda su filosofía magnética. Por otro lado, la aplicación práctica derivada de sus investigaciones en el dominio de la filosofía natural se basaba, a su vez, en consensos bastante recientes, que su obra y las sociedades establecidas con otros personajes influyentes contribuyeron a cimentar. Lejos de considerar los aspectos detallados al principio como condicionantes previos a la inclusión del *De Magnete* dentro de la categoría de tratados *científicos*, preferimos caracterizarlos como una consecuencia precisamente de diferentes *negociaciones* histórica y socialmente condicionadas. Como corolario, resulta evidente que no cabe plantear una distinción rígida entre factores internos y externos. Los hechos, en nuestro caso, van a estar afectados por, y son un compendio de,

⁴⁹ El término «transformación» puede no parecer esencialmente novedoso en Filosofía de la Ciencia. Ciertamente, lo encontramos en Cohen 1980. En esta obra, Cohen defiende las transformaciones de las ideas científicas como un proceso meramente creativo por parte del sujeto; dichas transformaciones operan en el nivel interno. Esta categoría la retoma Cohen de la matemática, y la desarrolla a partir de las constantes que permiten el paso de una formulación a otra. Desde nuestro punto de vista, sostenemos que las transformaciones se dan en un sentido más global, que trasciende la dimensión interna señalada por Cohen, y comprende, además, variables externas.

⁵⁰ Debemos una afirmación de este carácter a Latour [1987] 1992; Latour [1991] 1993; y Latour [1999] 2001.

tres elementos fundamentales: la teoría (Hanson), la práctica o intervención (Hacking) y los valores (Echeverría). A pesar de todo ello, postulamos un cierto carácter objetivo, que se plasma en (los registros de) los instrumentos, los cuales, en algunos casos, suponen apasionantes puntos-de-no-retorno. De este modo, intentamos apostar por una síntesis conciliadora entre dos autores *tradicionalmente* enfrentados, como Hacking y Latour.

Del mismo modo que no podemos caer en la ingenuidad de postular un acceso único y privilegiado al mundo, tampoco hemos de caer en el error de que cualquier cosa puede ser contada de una única manera; es decir, admitimos la existencia de múltiples estilos narrativos, potencialmente infinitos. En todo trabajo de reconstrucción hay una selección, condicionada por los intereses, más o menos honorables, del investigador, como correlato en el ámbito lingüístico, o gramatical, de la experimentación en ciencia. Nuestro discurso no pretende ser el Único y Verdadero, sino tan sólo uno de los posibles, pero tan legítimo como cualquier otro. Dicho lo cual, ha llegado el momento de emprender nuestro viaje por los vericuetos magnéticos.

CAPÍTULO I: EL CONFLICTO EPISTEMOLÓGICO GENERADO POR LA ACCIÓN-A-DISTANCIA.

En este primer capítulo tratamos el primero de los problemas seleccionados, éste de carácter teórico, sobre el magnetismo. Se expone el mismo desde una perspectiva a medio camino entre lo sincrónico y lo diacrónico. Dado que es imposible hacer acopio de todas las fuentes existentes, se organiza el material en función de varios núcleos temáticos seleccionados. El objetivo es organizar un mapa conceptual del estado de cosas previo a la aparición de la brújula.

«Todos los años, por el mes de marzo, una familia de gitanos desarrapados plantaba su carpa cerca de la aldea, y con un grande alboroto de pitos y timbales daban a conocer los nuevos inventos. Primero llevaron el imán. Un gitano corpulento, de barba montaraz y manos de gorrión, que se presentó con el nombre de Melquíades, hizo una truculenta demostración pública de lo que él mismo llamaba la octava maravilla de los sabios alquimistas de Macedonia. Fue de casa en casa arrastrando dos lingotes metálicos, y todo el mundo se espantó al ver que los calderos, las pailas, las tenazas y los anafes se caían de su sitio, y las maderas crujían por la desesperación de los clavos y los tornillos tratando de desenclavarse, y aun los objetos perdidos desde hacía mucho tiempo aparecían por donde más se les había buscado, y se arrastraban en desbandada turbulenta detrás de los fierros mágicos de Melquíades. “Las cosas tienen vida propia –pregonaba el gitano con áspero acento–, todo es cuestión de despertarles el ánima”».

(G. García Márquez, *Cien años de soledad*)

1. Primeras referencias.

Casi con total probabilidad, la presencia generalizada de depósitos naturales de magnetita coadyuvó a la familiaridad con un fenómeno del que posiblemente se conocía alguna de sus manifestaciones primarias mucho antes de lo que se tiene constancia, en particular el hecho de que algunas piedras tenían la facultad de atraer algunos otros objetos. Para que este fenómeno resultase tan llamativo, se requería satisfacer una serie de condiciones: la primera de ellas, haber tenido acceso a una piedra imán; en segundo lugar, disponer de algún cuerpo sobre el que pueda observarse el fenómeno y que, de alguna manera, se comporte de determinada manera ante su presencia; las menas de hierro proporcionaron este segundo elemento. Finalmente, una *anomalía* se percibe como tal si y sólo si el fenómeno a estudiar parece suponer una contradicción con algún comportamiento esperado. En particular, la atracción magnética debe analizarse en el contexto de una cosmovisión griega, que asume una concepción ordenada y armónica del cosmos: una piedra que atrae a un trozo de hierro, sin ningún intermediario aparente, parece contradecir el supuesto mencionado, y requiere una explicación.

Aparentemente, fueron los chinos los primeros en observar estos fenómenos y estudiarlos con cierto detalle, aunque este hecho generó menos conflicto epistemológico que en Occidente, puesto que la *acción a distancia* era más coherente dentro de las

coordinadas de su cosmovisión que en el caso de una mentalidad griega⁵¹. Por eso mismo, la sociedad china, a diferencia de lo que sucedió con su homóloga europea, no experimentó ningún tipo de desasosiego ante la observación de los fenómenos magnéticos. Sin embargo, dentro de nuestra tradición occidental, las primeras referencias escritas sobre la acción del imán se remontan a los tiempos del milesio Tales, a tenor de los registros documentales existentes. Según el testimonio de Diógenes Laercio,

«Aristóteles e Hippias afirman que [Tales] hizo partícipes de alma incluso a los inanimados (sin alma), deduciendo sus conjeturas de la piedra magnética y del ámbar»⁵².

Efectivamente, Aristóteles refiere que el viejo Tales,

«[...] a juzgar por lo que de él se recuerda, supuso que el alma es un principio motor si es que afirmó que el imán [la piedra imán] posee alma puesto que mueve el hierro»⁵³.

En el caso concreto que estamos analizando, la discusión sobre el imán tiene un carácter subsidiario, puesto que el centro de interés primordial era la cuestión del alma. No obstante, esta referencia implica, en primer lugar, que el fenómeno primario de atracción era bien conocido de antaño, de ahí su rol metafórico; y, en segundo lugar, que no existía una distinción *clara y distinta* entre la atracción generada por el imán y la propia del ámbar. Para Tales, ambos tipos de atracción no eran más que variantes de un mismo fenómeno, producto de una fuerza que actuaba a distancia⁵⁴. El ámbar, por su parte, era bastante popular como elemento ornamental, al menos, desde el siglo IX a.C.⁵⁵.

Platón se inspiró en la fenomenología magnética para ilustrar el modo en que las musas insuflaban la inspiración a los seres humanos:

⁵¹ Una visión del mundo que podría definirse como *materialismo orgánico*, en el que cada cosa estaba conectada al resto, aunque existía un orden jerárquico (Needham 1962, p. 236).

⁵² Diógenes Laercio, *Vida de los filósofos ilustres* I. 24 [citado por Kirk, Raven, y Schofield [1957, 1987] 1999, p. 146].

⁵³ Aristóteles, *De Anima* I. 2, 405a 19. Un poco más adelante diría el Estagirita que «[o]tros hay además que afirman que el alma se halla mezclada con la totalidad del Universo, de donde seguramente dedujo Tales que todo está lleno de dioses» [*op. cit.*, I. 5, 411a 8]. Hasta donde alcanza nuestro conocimiento, los fragmentos seleccionados son los únicos en los que existen referencias al magnetismo en Aristóteles, y difícilmente podríamos atribuirle una posición teórica al respecto.

⁵⁴ Veremos más adelante que Gilbert establecerá una clara diferencia entre ambos fenómenos, sus causas y sus efectos.

⁵⁵ Como ejemplos, cabe recordar algunos pasajes de la aventura de Ulises: *Odisea*, Canto IV, 73; *Od.*, XV, 460; y *Od.*, XVIII, 269. Generalmente, el término más usual para referirse al ámbar era *elektron*, de ahí su importancia para definir dicha acción como *eléctrica*.

« [...] una fuerza divina es la que te mueve, parecida a la que Eurípides llamó magnética y la mayoría, heráclea. Por cierto que esta piedra no sólo atrae los anillos de hierro, sino que mete en ellos una fuerza tal, que pueden hacer lo mismo que la piedra, o sea, atraer otros anillos, de modo que a veces se forma una gran cadena de anillos de hierro que penden unos de otros. A todos ellos les viene la fuerza que los sustenta de aquella piedra»⁵⁶.

Este último fragmento añade varias nociones al tópico que nos ocupa: en primer lugar, la *transferencia*, es decir, la idea de que la fuerza magnética se transfiere al hierro, que puede actuar como un segundo imán, y así sucesivamente; en segundo lugar, la idea de *atracción* añade un matiz con respecto a la idea de *movimiento provocado* que se derivaba del pasaje anterior. En síntesis, la idea es la misma, sólo que ahora, con Platón, se conceptualiza de un modo que ha pervivido hasta nosotros: la *atracción* es consecuencia del ejercicio de una fuerza, frente a la cual el hierro se dobllega.

2. Modelos explicativos clásicos.

En esta época puede hablarse, *grosso modo*, de dos modelos explicativos que intentan atemperar el desafío conceptual que representa esta presunta *violación de la ley natural*.

2.1. Fisicalista.

La primera de estas opciones, la *materialista*, explicaba el fenómeno del magnetismo, en líneas generales, como producto de una emanación invisible de pequeñas partículas desde los *poros* existentes en el imán, explicación que venía asociada a los fenómenos de transferencia de esta *virtus* magnética al hierro, que se comportaba así como un segundo imán. La interacción entre ambos se efectuaba, fundamentalmente, mediante un procedimiento mecánico. Entre los autores que suscribieron esta hipótesis, reconocemos en Empédocles de Agrigento un pionero de la misma: para él, la fuerza magnética se daría como una emanación desde los poros del imán, que penetrarían en el hierro, expulsando a su vez el aire que contenía en su interior. Igualmente, el hierro actuaría sobre el imán, lo que justificaría plenamente la atracción manifestada hacia él. El planteamiento de Empédocles fue desarrollado por dos vías diferentes; a pesar de las diferencias en énfasis, ambas líneas constituían las dos caras de una misma moneda.

⁵⁶ Platón, *Ion*, 533d-e.

En la primera de ellas se adivinaría una suerte de *teoría general de los efluvios* que acentuaría el papel transmisor de los mismos, presente, por ejemplo, en Platón.

«Y, además, todas las corrientes de agua y también las caídas de rayos y la sorprendente atracción de los ámbares y las piedras herácleas: ninguno de estos fenómenos posee una fuerza tal, sino que al que investiga adecuadamente se le hará evidente que el vacío no existe, que *todas estas cosas se empujan cíclicamente entre sí* y que, por separación o reunión, todos los elementos se trasladan a su región propia, cambiando de sitio, así como que los fenómenos maravillosos son producto de la combinación de estos procesos entre sí»⁵⁷.

Tras la lectura de este párrafo, comprobamos que continúa la asimilación entre el ámbar y la piedra imán, y que la atracción ejercida por ambos obedece a una misma causa, esto es, el movimiento de pequeñas partículas combinables entre sí. De alguna manera, es como si la propia noción de *atracción* se revelara, en el fondo, como insatisfactoria, en la medida en que se intenta dar cuenta del fenómeno del modo más *naturalista* posible, como resultado de un contacto físico en vez de un poder de atracción ejercida *a distancia*. En parecidos términos, aunque quizás con menos enjundia, se expresaría Diógenes de Apolonia: según el testimonio de Alejandro de Afrodisia, Diógenes

«[...] dice que todos los [metales] dúctiles dejan salir una cierta humedad, innata en ellos y que [también la] absorben de afuera, unos más y otros menos; pero dejan salir más el bronce y el hierro [...] En tanto, pues, que el hierro absorbe lo húmedo y deja salir más [de lo que absorbe], la piedra, que es más porosa que el hierro y más terrosa, absorbe más lo húmedo del aire circundante que [lo que] deja salir; absorbiendo, pues, lo que le es afín, lo recibe en ella, y rechaza lo que no le es afín. El hierro es afín a ella, por eso absorbe lo [húmedo] de él y lo recibe en ella, y, al atraer a esto, arrastra también al hierro, pues atrae a la humedad toda junta; en cambio, el hierro nunca atrae a la piedra, ni el hierro es poderoso como para poder recibir toda junta la humedad de ella»⁵⁸.

Una segunda corriente la encarnarían los *mecanicistas* genuinos, caso de Demócrito de Abdera: él partía de una hipótesis general que subrayaba que la influencia de un cuerpo sobre otro se ejerce mediante contacto o presión mecánica, incluyendo las emanaciones de átomos. El caso de la piedra magnética no supone una excepción: el imán emana átomos, los cuales, al entrar en el hierro, expelen los átomos contenidos en este último; éstos, a su

⁵⁷ Platón, *Timeo*, 80c. La cursiva es nuestra.

⁵⁸ Alejandro de Afrodisia, *Questiones Naturales*, II (cit. en *Los filósofos presocráticos*, vol. III. Madrid: Gredos, 1986, pp. 53- 54).

vez, se dirigen hacia el imán. El movimiento del hierro hacia el imán queda explicado porque Demócrito concibe que, al ser el primero más denso que el segundo, en el imán hay más espacio entre los átomos. La relación, en este sentido, no era del todo simétrica.

A pesar de las diferencias de matiz, ambos puntos de vista constituyen dos caras de la misma moneda, como se aprecia en desarrollos posteriores. Es el caso, por ejemplo, de la síntesis realizada por Epicuro; según la lectura que de él hizo Galeno, el filósofo del jardín compartiría con los autores arriba mencionados determinados supuestos:

«Epicuro, aunque se vale para su fisiología de elementos similares a los de Asclepiádes, no obstante reconoce que la piedra heraclea atrae el hierro y el ámbar al salvado, e intenta explicar la causa de este hecho, pues dice que los átomos que se desprenden de la piedra son similares por su forma a los que se desprenden del hierro, de modo que fácilmente se acoplan. Al chocar éstos con cada una de las masas compactas de la piedra y del hierro, y, después, rebotar en el centro, se acoplan unas a otras y atraen el hierro»⁵⁹.

No obstante, quizás sea Lucrecio el máximo exponente de esta concepción materialista; fue él quien reintrodujo el aire como factor relevante. A diferencia de Platón, Lucrecio no negaba la categoría de *fenómeno* para la atracción, puesto que no la consideraba problemática en sí misma, a pesar de que también articuló una explicación materialista de dicho fenómeno:

«Empezaré tratando yo al presente
por qué *ley natural* al hierro puede
atraer esta piedra que los griegos
magnética llamaron en su lengua;
[...] Admíranse los hombres de esta piedra,
porque viene a formar una *cadena*
de pendientes anillos unos de otros;
[...] ellos se comunican mutuamente
la virtud atractiva de la piedra:
[...] desde luego
es preciso que emanen de continuo
de la misma sustancia de la piedra
infinitos corpúsculos, o sea,
un activo vapor que con sus golpes
dé rareza a aquel aire que media
entre el imán y el hierro [...]»⁶⁰.

⁵⁹ Galeno, *Sobre las facultades naturales*, I. 14.

⁶⁰ Lucrecio, *Sobre la naturaleza de las cosas*, VI, 1342 y ss. La cursiva es nuestra.

Hasta aquí podría pensarse que Lucrecio no añadiría nada sustancialmente nuevo; pero, al margen de alguna pequeña cuestión de detalle, Lucrecio introdujo (y conceptualizó) la noción de *repulsión* como contrapunto a la atracción que había sido asumida previamente:

«También sucede alguna vez que el hierro
se aparta del imán; algunas veces
le huye y le sigue alternativamente:
hierro de Samotracia y limaduras
he visto yo saltar y revolverse
en un vaso de cobre si acercaban
esta piedra de imán por el sientto;
el hierro parecía que impaciente
huía de la piedra: hace que nazca
tanta *discordia* el interpuesto cobre,
porque sin duda las emanaciones
del cobre entonces se apoderan antes
y poseen del hierro los conductos»⁶¹.

Sin embargo, el fenómeno de repulsión parece que era conocido en el Antiguo Egipto, si bien la reflexión sobre la condición magnética apelaba a la divinidad.

«[los egipcios] llaman a la piedra imán ‘hueso de Horus’ y al hierro ‘hueso de Tifón’, como cuenta Manetón; pues, del mismo modo que el hierro muchas veces se comporta como si fuese arrastrado y siguiera al imán, pero muchas es rechazado y arrojado en dirección contraria, así el movimiento salvador, bueno y racional del mundo, atrae a veces, arrastra y hace más dulce, por persuasión, a aquél, inflexible y tifónico; después, replegándose de nuevo en sí mismo, le hace dar la vuelta y lo hunde en lo ilimitado».⁶²

2.2. Metafísico- espiritualista.

Una segunda corriente, que hundía sus raíces también en la época clásica, aunque gozó de mayor predicamento en la época medieval, es la que podría denominarse *metafísica*, caracterizada, en líneas generales, por postular un intercambio de *simpatías* entre los diferentes objetos para explicar la atracción magnética. Tal era la fuerza del vínculo de las asociaciones establecidas entre ambos, que no resulta extraño que, más allá de las explicaciones metafísicas al uso, las propiedades magnéticas fuesen objeto incluso

⁶¹ *Op. cit.* VI, 1540 y ss. El subrayado es nuestro

⁶² Plutarco, “De Iside”, en *Moralia*, VI, 62, 376 B. Anteriormente, Plutarco había expuesto que «griego es el nombre de Isis y también el de Tifón, que es enemigo de la diosa y está cegado por la ignorancia y el engaño, y que dispersa y destruye la palabra sagrada que la diosa reúne, ordena y entrega a los iniciados» [*op. cit.* 2, 351 F]. De este modo se mantenía el vínculo entre las virtudes de la piedra magnética y las acciones atribuidas a las divinidades.

de toda suerte de supersticiones. Entre los primeros defensores de esta hipótesis, encontramos a Galeno, quien admitía la existencia de una cierta «facultad atractiva en las cosas gobernadas por la naturaleza»⁶³, que mostraba, en su opinión, un doble carácter: en primer lugar, una tendencia de lo vacío a llenarse; y, en segundo lugar, que se efectuaba debido a «la afinidad de la cualidad»⁶⁴. Dentro de este subgénero, Galeno cita explícitamente la relación entre el hierro y la piedra imán, cuya atracción será siempre visible cuando ésta sea de mayor peso que el hierro. Al emplear estas categorías Galeno manifiesta, entre otras cosas, su distanciamiento crítico respecto a Epicuro.

No obstante, a Plinio le corresponde el mérito de haber sido el autor más influyente en la materia, y fue él quien hizo un tratamiento más detallado de dicha cuestión. De hecho, autores posteriores se apoyarían en la autoridad de Plinio en sus digresiones sobre el origen, tanto de la sustancia como del nombre. En particular, la referencia a la leyenda del pastor llamado Magnes llega a ser una constante para las siguientes generaciones:

«¿Qué cosa hay más fuerte para pelear que el hierro? Pero sugétase y padece su fuerza siendo traído de la piedra imán [...]. Por esta causa la llaman por otro nombre siderite y algunos heracleon. Fue llamada Magnes por su inventor (como escribe Nicandro) y hallola en el monte Ida. Hállase en muchos lugares, como también en España. Dízese que la halló andando apacentando su ganado, viendo que se asían a ella los clavos del calzado y la punta del cayado o báculo»⁶⁵.

A pesar de ello, Plinio sólo dedicó escasos pasajes al magnetismo en su monumental obra. Desde sus presupuestos, Plinio reinterpreta toda la fenomenología magnética que había sido establecida en autores anteriores, confiriéndole un nuevo sentido. Las nuevas categorías explicativas tienen más que ver con un juego de intercambio de *simpatías* y *antipatías* (en términos de *amistad* y *enemistad*) que con un movimiento natural, mecánico, de partículas elementales:

«De la piedra imán trataremos en su lugar, y de la amistad y concordia que tiene con el hierro. Sola esta materia recibe y toma fuerzas de aquella piedra, y la retiene largo tiempo, asiendo un hierro a otro, de suerte que se ve algunas veces una cadena de anillos: y el vulgo ignorante lo llama hierro vivo»⁶⁶.

Sobre el ámbar, además, dejó constancia de que, «con la fricación de los dedos,

⁶³ Galeno, *Sobre las facultades naturales*, I. 15. Al igual que en los ejemplos anteriores, la discusión sobre la atracción magnética es menor, subsidiaria en todo caso de la fisiología.

⁶⁴ *Íb.* III. 15.

⁶⁵ Plinio, *Historia Natural*, Lib. XXXVI, cap. XVI, p. 179.

⁶⁶ *Op. cit.*, p. 145. Aquí incide en la cuestión de la transferencia de *virtus* del imán hacia el hierro.

recibiendo la virtud del calor, atraen a sí las pajas y las hojas secas y cosas ligeras, como la piedra imán el hierro»⁶⁷. Así como ambos fenómenos de atracción guardan una cierta semejanza, no es menos cierto que Plinio procura establecer entre ellos un hecho claramente demarcador: el ámbar precisa un tratamiento por frotamiento para ser operativamente viable como sustancia atractiva; en cambio, el imán atrae *par lui même*. Por otro lado, siempre y cuando tenga poco peso, el ámbar es capaz de atraer todo aquello que esté cerca de su radio de acción, mientras que el imán únicamente atraería al hierro, además de a otra piedra imán, con independencia de su peso.

Agustín de Hipona, dentro de su ingenuidad, refería tres fenómenos magnéticos que captaron su curiosidad:

«Tenemos noticia de la piedra imán, que maravillosamente atrae al hierro. La primera vez que lo observé quedé absorto; porque advertí que la piedra levantó en lo alto una sortija de hierro, y después, como si al hierro que había levantado le hubiera comunicado su fuerza y virtud, esta sortija la llegaron o tocaron con otra, y también la levantó; y así como la primera estaba inherente, o pegada a la piedra. Aplicaron en los mismos términos la tercera, e igualmente la cuarta colgaba ya como una cadena de sortijas trabadas unas con otras, no enlazadas por la parte interior, sino pegadas por la exterior [...] Pero causa aún mayor admiración lo que supe de esta piedra por testimonio de Severo, obispo de Mileba, quien me refirió haber visto, siendo Batanario gobernador de África, y comiendo en su mesa el obispo, que sacó esta misma piedra, y teniéndola en la mano debajo de un plato de plata, puso un hierro encima del plato y después, así como por abajo movía la mano en que tenía la piedra, así por arriba se movía el hierro [...] Diré asimismo lo que he leído de esta piedra imán, y es que si cerca de ella ponen el diamante, no atrae al hierro, y si le hubiese ya levantado, le suelta al punto que le aproximan el diamante»⁶⁸

Al comienzo de la Edad Media se había consolidado ya un cierto conocimiento vinculado al fenómeno magnético, que puede sintetizarse como sigue: a) el imán atrae fragmentos de hierro, y lo hace, además, a distancia; b) este hierro que es atraído se adhiere al imán; c) el imán induce una facultad similar en el hierro, que éste retiene durante algún tiempo; d) la influencia magnética puede manifestarse en otras sustancias; e) además de atraer, algunos imanes tienen incluso la facultad de repeler. A diferencia de los autores clásicos, sus homólogos medievales intentan, en líneas generales, explicar el magnetismo como una variante fenoménica de doctrina

⁶⁷ *Op. cit.*, Lib. XXXVII, cap. III, p. 190.

⁶⁸ Agustín, *La Ciudad de Dios*, Libro XXI, cap. IV, pp. 537-8.

global de la emanación de *species*, como así sucedía, *verbi gratia*, en los estudios sobre óptica de la época⁶⁹. Una de las razones posibles la hallamos en la influencia ejercida por los textos de los autores que *sobrevivieron* a la caída del Imperio Romano: Plinio, Galeno y, cómo no, Aristóteles, como así testimonia su presencia constante en el pensamiento medieval⁷⁰. Quizá debido a ello, en esta época puede hablarse de un progreso bastante limitado puesto que, en origen, la reflexión sobre el imán era subsidiaria, al estar desvinculada de su utilidad práctica. Un ejemplo paradigmático de la explicación del magnetismo en la época medieval lo constituye este fragmento extraído de la obra de Ramón Llull:

«En el imán Dios ha puesto tanto simplicidad de tierra, que el hierro tiene de él apetito. Y por eso el imán mueve hacia sí al hierro, por gran influencia de simplicidad de tierra, hacia la cual se mueve el hierro naturalmente, y en el hierro hay más simplicidad de tierra que en ninguno de los otros metales; y por esta mayor simplicidad es el hierro más fuerte que ninguno de los otros metales [...] Y porque el imán es mayor en virtud que el hierro, por eso la menor virtud tiene apetito naturalmente hacia la virtud mayor»⁷¹.

En este capítulo únicamente hemos tratado algunas cuestiones filosóficas y conceptuales asociadas a la observación de los fenómenos magnéticos. Podemos concluir que, en líneas generales, se trata de reflexiones sobre fenómenos que, aunque llamativos, no se erigían en centros de interés preferente para los escrutadores de los fenómenos naturales, quizás porque aún no se había logrado correlacionar de modo directo con una posible utilidad práctica, o bien porque no suponían necesariamente un anatema contra la fe. La aparición de la brújula, en cambio, trajo consigo una nueva forma de entender los fenómenos, que influyó decisivamente en las nuevas formas de enfocar la cuestión. Desde nuestro planteamiento, la brújula supone un nudo en el que se entrecruzan, por un lado, la problemática del magnetismo desde un punto de vista filosófico y conceptual y, por el otro, el problema práctico de la determinación de la posición, problema que analizaremos en el siguiente capítulo.

⁶⁹ Para Roger Bacon, por ejemplo, «el poder de una piedra imán o magneto es mayor en el hierro distante que en el aire colindante, e incluso pasa a través del aire hacia el hierro. Y vemos que la *species* de cristal intensamente coloreado, cuando se ilumina intensamente, aparece mayor en un cuerpo compuesto [sobre el que recae] que en el aire a través del cual pasa en primer lugar. Y aún en el hierro sólo está la *species* y la virtud del imán, puesto que el hierro retiene su naturaleza específica y no se altera en demasía; y lo mismo sucede a la *species* del color del cristal y similares. De esta exposición parece que la distancia no es causa del debilitamiento» [R. Bacon, *De multiplicatione specierum*, IV. 1, p. 209].

⁷⁰ Desde las coordenadas impuestas por el pensamiento cristiano, el magnetismo incluso es visto como ejemplo de control divino, gracias a la inestimable colaboración del Espíritu Santo.

⁷¹ R. Llull, *Libro de maravillas*, XXXV, pp. 136-7.

CAPÍTULO II: EL PROBLEMA DE LA POSICIÓN.

En este capítulo se trata un segundo problema, éste de orden práctico, que remite, en última instancia, al problema de la determinación de la longitud. Se analiza este problema desde una doble vertiente: en primer lugar, la cartográfica, con el surgimiento de las primeras representaciones gráficas del espacio y, en segundo lugar, la relativa al arte de la navegación. Cada solución involucra un cierto conocimiento asociado que, en ocasiones, le retroalimenta y permite su posterior desarrollo.

«-Su planeta es muy hermoso, ¿Hay océanos?
-No puedo saberlo – dijo el geógrafo.
-¡Ah! –el principito estaba decepcionado- . ¿Y montañas?
-No puedo saberlo –dijo el geógrafo.
-¡Pero si usted es geógrafo!
-Exacto –reconoció el geógrafo-, pero no soy explorador. No tengo exploradores. El geógrafo no tiene por qué llevar la cuenta de las ciudades, de los ríos, de las montañas, de los mares, de los océanos y de los desiertos. El geógrafo es demasiado importante para andar callejeando. No deja su despacho. Pero en él recibe a los exploradores. Los interroga y toma nota de sus recuerdos. Y si los recuerdos de alguno de ellos le parecen interesantes, el geógrafo manda hacer una investigación acerca de la moralidad del explorador.
-¿Y eso por qué?
-Porque un explorador que mintiera acarrearía catástrofes en los libros de geografía. Y también un explorador que bebiera demasiado».

[Antoine de Saint – Exupery, *El principito*]

1. La orientación: conceptos y métodos arcaicos.

A diferencia del problema tratado en el capítulo precedente, el problema de la posición es un problema de índole práctica cuya solución teórica, si bien puede considerarse necesaria, en absoluto resultaría suficiente, pues, ante todo, lo que se demanda es precisión. El establecimiento de la propia posición remite, indudablemente, a la cuestión de la orientación, que cobra dos sentidos fundamentales: en un primer sentido, *orientarse* significa tomar como dirección de referencia el Oriente, lugar por donde sale el sol; con el advenimiento de la brújula, el Oriente es posteriormente sustituido por el Norte como dirección básica. En segundo lugar, *orientarse* consiste en tomar un sistema de referencia que nos indique las direcciones fundamentales y sus derivadas, con el fin de trasladarnos de un lugar a otro sin perder la dirección o el rumbo adecuados. El eje Norte-Sur, pues, se erige en referencia primera para hallar los demás puntos cardinales, así como las direcciones intermedias, y las intermedias de las intermedias, lo que hace dieciséis puntos. Pero se necesitaría una mayor precisión para navegar y, posteriormente, se añadió un cuarto orden de divisiones; es por ello que la rosa de los vientos aparece con treinta y dos direcciones distintas.

El primer método en ser empleado para orientarse era el *empírico*, basado en la memoria visual, en la búsqueda de cualquier tipo de indicio o marca natural: accidentes orográficos, rocas, elevaciones del terreno, árboles... Por ello no deben extrañar sentencias como ésta: «Coloca señales, pon en su lugar los monolitos; fíjate bien en la ruta, en el camino que recorriste» (Jeremías 31, 21). Por tierra se conocían algunas distancias de las rutas más frecuentadas y por mar se disponía de unas rudimentarias guías de navegación denominadas *periplos*, que suministraban una serie de indicaciones prácticas como las distancias aproximadas entre un punto y otro de la ruta, siguiendo siempre la línea costera, los puertos más seguros o los accidentes orográficos más emblemáticos que podían llamar la atención del marino para guiarle a lo largo del trayecto.

Muy poco o nada es lo que nos ha quedado de los primeros periplos arcaicos que, en principio, se limitarían a prescribir unas simples guías prácticas para la navegación que indicaban a los marineros la ruta a seguir. El principal criterio orientativo era el seguimiento de la línea costera, de la que se señalaban de manera expresa los principales accidentes tales como los cabos, los golfos, las desembocaduras de los ríos, o aquellos promontorios más sobresalientes, o incluso elementos tan esenciales para la navegación *antigua*, como podrían ser los siguientes: la dirección de los vientos, los puntos de fácil ataque, el cálculo de las jornadas de navegación necesarias para arribar a cierto destino, así como los posibles riesgos: corrientes, bajos fondos, agentes hostiles... Con todas estas limitaciones objetivas y subjetivas, para *descubrir* y conocer el mundo, había ocasiones en las que no era aconsejable ni necesario emprender el viaje; bastaba con realizar un recorrido libresco a través de los viejos tratados que se acumulaban en bibliotecas. Se viajaba entonces sólo en espíritu, a través de los ojos de otros. Un refinamiento mayor se consigue con las representaciones cartográficas del espacio, que proveen de indicaciones expresas.

Para nuestros intereses, conviene tener en cuenta que el problema de la posición presenta una doble dimensión, que se entrecruza a lo largo de nuestra historia: por un lado, la necesidad de orientarse adecuadamente se hace más acuciante en alta mar, en donde no hay *monolitos* ni referencia estable que permita seguir un rumbo determinado; por el otro, la conveniencia de cartografiar el espacio, bien sea nuestro entorno terrestre o marítimo, bien las tierras a explorar.

1.1. Las coordenadas espaciales.

Latitud y longitud son el par de coordenadas que empleamos para definir la posición de un lugar en un mapa. La primera definición de dichos términos viene de la mano de Ptolomeo, quien los definió del siguiente modo:

«De un modo razonable, podemos denominar “longitud” la dimensión este-oeste de la superficie en cuestión [esto es, del *oikoumenē*], y “latitud” para la norte-sur, puesto que también empleamos los mismos nombres para las [dimensiones] que son paralelas a éstas en los movimientos celestes, y porque empleamos “longitud” [esto es, “largo”] para la dimensión mayor, y todo el mundo acuerda que la dimensión este-oeste del *oikoumenē* es mucho mayor que la que discurre de norte a sur»⁷².

Técnicamente, la *latitud* de un punto se define como el arco de meridiano comprendido entre el ecuador y los paralelos, y viene dado por el ángulo correspondiente al arco de meridiano que pasa por ese punto comprendido entre el Ecuador y ese lugar. Ésta se expresa en grados, minutos y segundos conforme al sistema sexagesimal, seguido del hemisferio en el que se encuentra dicho punto. En términos más comunes e intuitivos, se refiere a la posición Norte o Sur de cualquier emplazamiento o sistema móvil en relación a la línea equinoccial o Ecuador, una línea natural que ya los astrónomos de la Antigüedad habían establecido en correspondencia con el ecuador celeste. De este modo, la latitud de un lugar del hemisferio Norte se moverá en una horquilla entre 0°, si está situado en el Ecuador, y 90° si se ubica en el polo Norte.

La *longitud*, por su parte, es el ángulo que comprende al arco entre un meridiano tomado como referencia y el meridiano local, el que pasa por el lugar en el que se halla el observador. El resultado final se traduce en la posición este u oeste que el emplazamiento o sistema móvil mencionado anteriormente ocupe en referencia a un primer meridiano establecido de antemano de modo convencional. Actualmente se expresa en grados sexagesimales de 0° a 180° hacia el Este o el Oeste del meridiano de Greenwich, a raíz del Congreso Internacional celebrado en Washington en 1884. En sus orígenes, el cálculo de la

⁷² Ptolomeo, *GH* I. 6, p. 64. Las Islas Afortunadas, cualesquiera que fuesen, marcaban el límite occidental del mismo. A pesar de que Ptolomeo tenía únicamente interés en cartografiar el *oikoumenē* o mundo conocido hasta entonces, constreñido principalmente en lo que hoy conocemos como hemisferio norte, dicha definición podría seguir aceptándose como válida en la medida en que nuestro planeta es un esferoide ligeramente achatado por los polos. De este modo, quizá un tanto casual, inauguró una tradición que ha perdurado hasta nosotros.

longitud planteaba una estrecha relación entre las variables *espacio* y *tiempo*: una vez que las primeras estimaciones de las distancias se realizaban en función de las jornadas invertidas en su recorrido, los diferentes métodos históricamente empleados para su solución instauraron una sencilla ecuación por medio de la cual a cada grado de longitud recorrido correspondían quince minutos de tiempo.

1.2. Una primera aproximación general al problema.

Tal vez sea nuestra condición de aprendiz de investigador *ultraperiférico* desde todos los puntos de vista la que ha condicionado nuestra reconstrucción del problema en su totalidad, y de este modo subyace en nuestro esfuerzo de reconstrucción un planteamiento alternativo del problema histórico de la longitud, que toma como criterio *el tipo y carácter de los agentes sociales implicados*. Estos agentes no son exclusivos de la etapa concreta en la que surgen, sino que permanecen en las etapas subsiguientes, si bien su relevancia queda *a priori* atenuada por la saludable emergencia de otro grupo que asume un rol protagonista en otro momento. En otras palabras, la presencia de los agentes sociales anteriores conforma el paisaje *normal* y, en tanto que estímulo permanente, deja de perder su condición de *novedad*. Desde este punto de vista proponemos, con carácter meramente tentativo, una periodización del desarrollo histórico del problema de la longitud o, más específicamente, desde su planteamiento hasta la posibilidad efectiva de solución técnica, en cuatro etapas fundamentales, con la esperanza de que pueda servir a autores ulteriores como punto de partida para lograr una versión más exhaustiva de la misma:

En una primera etapa predominaría el aspecto *epistémico* del problema, cuyo *paradigma*, entendido como solución ejemplar y exitosa, la representaría la obra del cosmógrafo alejandrino Claudio Ptolomeo. Su trabajo representa, desde nuestro punto de vista, la culminación de una etapa en la que, a grandes rasgos, se busca la representación del espacio más o menos circundante, con propósitos eminentemente prácticos e individuales para atender a las necesidades de orientación del viajero o, en un momento posterior, de proporcionar información a generales y estadistas.

En una segunda fase, el gen predominante es *político e imperialista*, momento en el que, a raíz del encuentro de lo que se conoce como América, las grandes potencias de la época (eminentemente ibéricas) encuentran verdaderamente relevante el problema de la longitud. En consecuencia, la investigación en el dominio de lo natural va a verse

estimulada por cuestiones políticas de elevado interés, con el fin de obtener una solución aparentemente *neutral* al problema, pero que favoreciese a la nación de pertenencia de cada uno de los proponentes. En esta etapa se ven involucrados especialmente navegantes con inquietudes cosmográficas, si bien, por lo general, la sombra teórica de Ptolomeo es alargada. Pese a ello, proliferarán las soluciones magnéticas, por cuanto tienen como *actante*⁷³ destacado un utensilio común a bordo, la brújula.

Un tercer momento quedaría constituido por lo que hemos denominado la *etapa institucional*, caracterizada por la instauración de los grandes observatorios y la creación de un cuerpo de funcionarios dedicados en exclusiva a afrontar el problema desde el punto de vista astronómico, especialmente en Francia e Inglaterra, países que, en esta fase, se sitúan a la vanguardia en la llamada «carrera de la longitud», retomando con ello el testigo de manos de España y Portugal.

Finalmente, una última etapa, que conduciría a la resolución técnica del problema, o al menos a su posibilidad, se localizaría geográficamente en Inglaterra, y se caracterizaría por la *repercusión pública* del problema, como consecuencia de una serie de desastres que comprometían la seguridad de muchos navíos y tripulantes, en una nación que recientemente había iniciado su empresa marítima. Fue precisamente esta presión hecha desde abajo la que impulsó un nuevo esfuerzo por parte de la Administración, bajo la forma de un suculento Premio, para que muchos artesanos y diletantes completaran (o complementaran) el trabajo de los funcionarios, en una desenfrenada búsqueda del honor, la fortuna y la gloria personal, más allá de los evidentes beneficios colectivos potencialmente reportables por una solución históricamente demandada.

1.3. El problema en los inicios de la navegación.

Como hemos dejado entrever, el problema de la orientación adquiere especial relevancia en su aplicación al arte de la navegación. La pérdida de todo referente visual conlleva una complejidad acumulativa, que parte de la aparente sencillez de la propia definición de *navegación*:

⁷³ Término empleado por Latour 1999 para referirse tanto a los elementos humanos como no-humanos del sistema, definidos en virtud de sus actuaciones en las diferentes pruebas de laboratorio realizadas. Por medio de éstas, dicho actor llega a existir como tal. Frente al *haber estado siempre ahí a la espera de ser descubierto*, propio de planteamientos ontológicos realistas clásicos, Latour propone un concepto de *emergencia* extensivo a los diferentes actores involucrados *con ocasión de*, difuminando, entre otras cosas, la clásica dicotomía entre *sujeto* y *objeto* de la epistemología clásica.

«La navegación es esto, cómo dirigir la derrota [del navío] en el mar a cualquier lugar asignado, y considerar qué cosas pueden favorecerla, y cuáles perjudicarla, en aquella dirección, buscando cómo preservar el barco en la tormenta y en los cambios meteorológicos que puedan suceder durante la travesía, para traer al barco al puerto asignado, y lo más pronto posible»⁷⁴.

Esta definición implica el conocimiento de dos variables fundamentales: por un lado, es evidente que se impone el conocimiento de la propia posición del modo más preciso posible máxime cuando, en alta mar, se pierde cualquier tipo de referencia visual; en segundo lugar, se precisa conocer, además, las coordenadas tanto del puerto de partida como del punto de destino. En resumidas cuentas, se trata de saber exactamente *dónde se está, y hacia dónde se va*.

Antes de las incursiones transoceánicas, el ámbito recorrido por los navegantes del sureste europeo se ceñía al Mediterráneo. Dicho mar es alargado, salpicado con multitud de islas, con lo que es relativamente sencillo disponer de algún referente visual, con vientos estables y mareas poco relevantes; las corrientes no son tampoco muy fuertes en esa zona. Comparativamente hablando, puede afirmarse que las condiciones de navegación en el Mediterráneo no eran tan duras como en la salida al Océano Atlántico. Pasajes como el siguiente incluso inciden en la idea del disfrute ante la contemplación de la obra divina: «En sus naves entraron al mar y viajaron sobre sus aguas inmensas. Vieron las obras del Señor y sus maravillas en el océano» (Salmo 107, 23 - 24).

Sin embargo, no quiere decir que, en esta primera etapa, la navegación fuera del todo segura. En vez de suponer un indicio de progreso, como podría interpretarse desde nuestro moderno punto de vista, las connotaciones asociadas a la navegación tenían más que ver sobre los males y desgracias que acechaban a quien desesperadamente buscaba en la mar su medio de vida. Así, acto seguido, Dios «dio órdenes y sopló un viento huracanado que levantaba las olas; ya subían hasta el cielo, ya bajaban a los abismos; se consumían entre los peligros, se tambaleaban como borrachos, habían olvidado toda su pericia» (Salmo 107, 25 - 27). De igual modo, el dios Hermes le confesaba a la ninfa Calypso lo siguiente:

«[...] vine aquí por mandato de Zeus, que no de mi grado,
Porque ¿quién cruzaría por placer la salada llanura

⁷⁴ Bourne 1574, “The Preface to the Reader”, s/p.

de las aguas sin fin?»⁷⁵.

El mar, insistimos, era sinónimo de desventuras y de infortunios, y esto era un lugar común a los autores que la tradición ha consagrado como egregios representantes de las narraciones míticas:

«Es terrible morir entre las olas, y te exhorto a colocar esto en tu corazón como te lo digo: no pongas toda tu fortuna en las cóncavas naves, sino deja la mayor parte y carga la menor; pues es terrible sufrir un mal en las olas del mar [...]»⁷⁶.

Aún Anacarsis el escita se mostraba especialmente sensibilizado con el tema, y entraba de lleno en la pérdida del capital humano más que en el material: «Preguntado quienes son más, los vivos o los muertos, dijo: ¿a los navegantes, en qué grupo los cuentas?» (Diógenes Laercio, I, citado por García Gual 1998, p. 153). Y así, «[a]l enterarse de que el espesor del casco de la nave era de cuatro dedos, dijo que eso sólo distan los navegantes de la muerte» (*Op. cit.*, p. 154). Sentencias como éstas le daban pie, cuestionado sobre qué naves eran las más seguras, para afirmar que «las ancladas en el puerto» (*Íbid.*). Incluso en los casos en los que el desenlace de la travesía no fuera tan desafortunado, parece que tampoco había demasiados motivos para el optimismo:

«También este arte [la navegación] es humilde y modesto y no adopta una actitud orgullosa como si hiciera algo magnífico [...] Porque, en mi opinión, este hombre [el marinero] sabe reflexionar que es imposible conocer a quiénes de sus compañeros de navegación ha hecho un beneficio evitando que se hundieran en el mar y a quiénes ha causado un daño, ya que tiene la certeza de que no salieron de su nave en mejor estado que cuando entraron, ni en cuanto al cuerpo, ni en cuanto al alma»⁷⁷.

Al no existir en alta mar puntos de referencia especialmente significativos, la solución más viable consistía, entonces, en orientarse en función del cielo, empleando con ello un sistema de referencia ajeno a este mundo. Históricamente, la primera solución ensayada consistía en tomar al Sol como referencia, pero éste no es un reloj absolutamente perfecto: su movimiento está sometido a variaciones anuales, y se ve igualmente afectado por el movimiento de la Tierra, de ahí que varíen las coordenadas celestes que señalan su posición aparente a lo largo del año.

Las estrellas, por su parte, constituyen un sistema alternativo de referencia que,

⁷⁵ Homero, *Odisea*, V, 99-100.

⁷⁶ Hesíodo, *Trabajos*, 688-692.

⁷⁷ Platón, *Gorgias*, 511d-512a.

además, se mantiene relativamente fijo: por ejemplo, la estrella Polar ha sido considerada una referencia más o menos estable para señalar el Norte; el llamado «Hombre del Norte», por ejemplo, era una figura simbólica que los marineros imaginaban idealmente en el cielo: su corazón era la Polar; y sus miembros, las Guardas, es decir, las estrellas Beta y Gamma de la constelación de la Osa menor. Dichas estrellas fueron consideradas como las únicas agujas de un reloj celestial, porque Polaris, en su condición de circumpolar, permanecía en posición aproximadamente constante en el eje de giro de la esfera celeste; las Guardas completan un giro aparente en veinticuatro horas, si bien su movimiento se da en sentido inverso a las agujas del reloj.

2. El problema de la posición en los inicios de la cartografía.

Posiblemente la definición más exhaustiva que encontramos sobre los mapas sea la que proponen Harley y Woodward en su monumental monografía, aún inacabada. Para ellos, los mapas son «representaciones gráficas que facilitan una comprensión espacial de las cosas, conceptos, condiciones, procesos o eventos en el mundo humano, incluyendo cosmografías celestiales e imaginadas» (Harley y Woodward 1987, p. xvi). Este planteamiento implica la existencia de una interfaz –pragmática, cognitiva, metafísica– entre sus usuarios y el mundo que los rodea que permite, en ocasiones, expresar mejor que las palabras, la concepción y el estado de conocimientos que un grupo humano tiene sobre el mundo (Resnikoff y Wells [1973] 1984, p. 167).

En un sentido restringido, el mapa ha sido concebido tradicionalmente como una representación «de toda la Tierra o partes de la misma, dibujada a una determinada escala y, por lo común, sobre una superficie plana» (Thrower [1996] 1999, p. 13). Mapas y planos que cumplen esta función no responden siempre a las mismas convenciones, pues varía tanto los criterios de lo que debe ser representado como el material sobre el que se registra. El problema al que se enfrenta todo cartógrafo es el siguiente: ¿cómo representar el espacio tridimensional en una superficie plana bidimensional? A tal efecto, se ha desarrollado una larga serie de técnicas sistemáticas de cierta complejidad matemática, conocidas como *proyecciones*, destinadas a solucionar este problema. Aunque potencialmente infinitas en número, han sido efectivamente empleadas cerca del centenar (Snyder [1993] 1997, p. 1).

Y todas ellas, sin excepción, suponen una solución de compromiso entre *lo real*, la figura y el tamaño auténticos de lo que se quiere representar, y *nuestras necesidades prácticas*, puesto que no podemos establecer una correspondencia unívoca entre una esfera y una porción de un plano que preserve las siguientes variables: ángulos, áreas y distancias, tomadas en conjunto. Por lo tanto, el cartógrafo se ve abocado a establecer de antemano grados de relevancia en función de (los intereses que guíen) la selección de los ítems a representar, procurando minimizar en la medida de lo posible las inevitables distorsiones de los contornos de las regiones representadas. Mediante las proyecciones empleadas, el cartógrafo decide qué regiones privilegiar frente a otras.

El origen de nuestra tradición cartográfica se halla en el Mediterráneo. Del mismo modo que sucedió con el pensamiento filosófico, los primeros intentos de confección de mapas en Grecia tienen su sede en Mileto y en otras ciudades occidentales de Asia Menor. Estos lugares tenían como denominador común estrechos contactos con Egipto y Mesopotamia. De los egipcios heredaron los griegos la necesidad de establecer mediciones precisas, puesto que las periódicas crecidas del Nilo borraban las lindes de las tierras cultivables; para ello se creó un cuerpo de topógrafos agrimensores cuya función era realizar mediciones catastrales. Lamentablemente, la inmensa mayoría de su producción se ha perdido, bien por la propia fragilidad del material, el papiro, bien por las sucesivas catástrofes sufridas, particularmente los incendios que asolaron la Biblioteca de Alejandría.

En Mesopotamia, por su parte, se había inventado la tabla cuneiforme allá por el cuarto milenio antes de nuestra era. El mapa más antiguo que se conoce es una tablilla babilónica datada aproximadamente en torno al año 2.500 a.C., hecha de barro cocido y grabada con un punzón de caña, que lleva incrustadas escamas de pez simulando formaciones montañosas, y se cree que representa el valle del río Eufrates (Romero y Benavides 1998, p. 12). Más reciente es el mapa babilonio del mundo que se halla en el *British Museum*, cuya datación se estima aproximadamente en torno al año 600 a. C. Dicho mapa representa un disco continental rodeado por un río-océano circular; las líneas verticales que aparecen en él representan los ríos Tigris y Eufrates. Babilonia, Asiria y regiones adyacentes aparecen en un plano circular rodeado por el Golfo Pérsico. Las posiciones de otras ciudades se señalan con círculos más pequeños. Los triángulos que aparecen en el exterior de la zona circular denotan países extranjeros. De él no cabe esperar

desde luego mucha precisión dado que su propósito principal era simplemente dar una idea aproximada de la localización de las áreas exteriores del mundo visitadas por héroes legendarios. Ésta sería la principal característica del enfoque *topográfico* de la cartografía antigua, cuya función venía determinada por la necesidad de alcanzar una mejor comprensión de los relatos históricos y míticos, en la medida en que se pretendía situar las acciones de los héroes y los dioses en una época legendaria.

Entre los primeros escritores que de alguna manera se interesaron por el estudio de la Geografía encontramos poetas, historiadores, enciclopedistas y geógrafos propiamente dichos. Homero, por citar sólo un ejemplo, es considerado por Estrabón como el fundador del estudio empírico de esta disciplina, en la medida en que en los escritos homéricos subyace la idea de un Océano circundante que está unido a todos los confines del orbe terrestre, como así parecía apoyar el conocimiento sensorial y empírico⁷⁸. A juicio de Estrabón, Homero hacía gala de un notable conocimiento del Peloponeso y de las islas occidentales, así como de las regiones septentrionales. Aunque *La Odisea* puede ser considerado como el primer poema épico geográfico, la cuestión de si usó o no mapas no depende de la topografía reseñada en este libro, sino de la descripción del escudo de Aquiles (*Ilíada* XVIII, 607), toda una compleja obra de arte, hiperbólica en sus detalles, posiblemente basada en algún rudimentario mapa que pudo haber visto el autor⁷⁹.

En virtud del contacto establecido con las culturas de Oriente Medio, se produjo un fenómeno de difusión cultural. Así, para Tales, influido por la cosmología de los antiguos egipcios, la Tierra era plana en su superficie, y flotaba sobre el agua. Anaximandro, por el contrario, había supuesto que la Tierra era cilíndrica, y que el mundo habitado ocupaba la cara superior; se supone que Anaximandro sería el primer cartógrafo reconocido en tanto que se le atribuye la autoría de un mapamundi que incluía ríos y mares, aunque de un modo bastante tosco, siguiendo un estilo similar al empleado en Babilonia.

Siguiendo el modelo de Anaximandro, Hecateo, autor de la primera obra geográfica en prosa que se conoce, *Periodos Ges*, fue quizá el primer autor en concebir el

⁷⁸ Esta idea se reintrodujo en la mitología griega heredada, casi con total seguridad, de los mapas de los antiguos babilonios.

⁷⁹ Mención especial merece el pasaje del «Catálogo de las Naves», que preludiaba el inicio de la contienda entre troyanos y aqueos (*Ilíada* II, 493 y ss.).

Caspio fluyendo al Océano, idea que persistió durante mucho tiempo. Guiado por nociones de simetría, representaba las distintas zonas de la tierra como superficies equivalentes en extensión, ocupando el Mediterráneo el centro teórico de la misma⁸⁰. En él no hay referencia a montañas porque no eran más que obstáculos a salvar, mientras que los mares y ríos eran vías de comunicación y, por lo general, determinaban la frontera entre los pueblos. Presumiblemente no estaba confeccionado a escala, y es probable que fuese empleado por el tirano milesio Aristágoras quien, en su búsqueda de aliados, fue a Esparta a entrevistarse con su homónimo Cleómenes, «llevando consigo, al decir de los lacedemonios, una lámina de bronce en la que figuraba grabado un mapa de toda la tierra, así como la totalidad del mar y todos los ríos» (HH V, 49). Dicho mapa se conoce como *pinax*, aludiendo de ese modo al material del que estaba hecho, un tablón pintado o bronceo. Las modernas reconstrucciones del mismo presuponen un mapa plano de forma circular.

2.1. La geografía del periodo clásico.

En la Grecia Clásica, el conocimiento geográfico no depende única y exclusivamente de mapas, sino que éste se fundamenta principalmente en la palabra, el discurso, el *logos*, anclado a su vez en la memoria humana. El mapa griego, en su origen, tenía otras funciones muy diferentes a las que le concedemos en nuestro devenir cotidiano. Y es que, en esta época, la situación política, comercial y militar de las diferentes *polis* no precisaba del uso práctico de mapas, con lo que la confección de los mismos era una actividad ligada, sobre todo, a la filosofía y a la ciencia, y puede considerarse como parte de un proyecto intelectual más amplio: la descripción del cosmos. Por ello no sorprende que cada cartógrafo sea absolutamente libre de proponer sus propios puntos de vista, así como de controlar la difusión y el uso de su obra. Por este motivo, Heródoto no se recataba lo más mínimo cuando decía que le provocaba cierta hilaridad comprobar «que ya ha habido muchos que han trazado mapas del mundo sin que ninguno los haya comentado detallada y sensatamente» (HH, IV. 36). Su crítica nos permite suponer que la producción de mapas por el tiempo en que estaba escribiendo su *Historia*, entre el 444 y el 430 a.C, era, cuanto menos, considerable; incluso, podríamos decir repetitiva.

⁸⁰ En virtud de lo que ha llegado hasta nosotros, podemos afirmar que Hecateo dedicó el Libro I a Europa y el Libro II a Asia y África.

El relato de Herodoto sobre la geografía del mundo viene como una digresión tras su observación sobre los *Hiperbóreos*, criaturas míticas de las que se habla en los textos homéricos. Al igual que otros griegos del periodo clásico, el ilustre historiador defendía que Europa era tan extensa como Libye (África) y Asia juntas (*HH IV*, 42). A tan sorprendente afirmación llegó porque, bajo el nombre de «Europa», subsumía no sólo lo que hoy conocemos como tal, sino también la zona septentrional de Asia, al Norte del Mar Caspio, y el río Araxes. En cuanto a su anchura, no admitía comparación porque los confines septentrionales de Europa le resultaban totalmente desconocidos (*HH IV*, 45), al tiempo que asumía que Libye estaba rodeada de agua (*HH IV*, 42), que Asia se hallaba limitada al Sur por el Mar Eritreo (*HH IV*, 44), y que el límite septentrional lo marcaba Europa (*HH IV*, 45). Y, al considerar que la Tierra como continente era una sola, no alcanzaba a comprender por qué razón recibía tres denominaciones diferentes, curiosamente femeninas, máxime cuando, a su juicio, era del todo arbitraria e inadecuada esta división asimétricamente tripartita del mundo (*Íbid.*).

El hombre de la calle no permanecía indiferente a estas cuestiones. A juzgar por lo relatado por Tucídides, el ciudadano medio sabía aproximadamente dónde se encontraba Sicilia, pero no su topografía ni el número de habitantes, aunque sentía la necesidad de disponer de dicho conocimiento⁸¹. Platón se hacía eco incluso de la posibilidad de que, más allá del mundo conocido, hubiese núcleos de población también en otras latitudes (*Fedón*, 109a).

La idea de una Tierra esférica condujo a un nuevo concepto cartográfico. Aún en el siglo IV a.C., Aristóteles se vio en la necesidad de *demostrar* lo que autores anteriores simplemente asumían o tomaban como hipótesis de trabajo, a saber, la esfericidad de la Tierra⁸². El Estagirita no se mostraba menos corrosivo que Heródoto cuando afirmaba que

⁸¹ Tucídides, *Historia de la guerra del Peloponeso* V I, 1.1. La mayor parte de los atenienses que, en el invierno del 416- 415, quisieron emprender una expedición naval contra Sicilia con el fin de someterla desconocían estas cuestiones, así como la magnitud de la contienda. De modo similar, aunque con tintes más caricaturescos, Aristófanes, en *Las Nubes*, 205- 215, recogía este hecho cuando el personaje Estrepsíades encontraba verdaderas dificultades para reconocer Atenas, Eubea y Esparta en un mapa del mundo conocido.

⁸² Diógenes de Apolonia y Anaxágoras, por ejemplo, seguían pensando que era plana, y Demócrito, que era ligeramente cóncava, mas bien oblonga u ovalada, llegando a la conclusión de que la proporción de la distancia este-oeste del mundo habitado era 3:2, relación que influiría en cartógrafos posteriores aunque sostuvieran que ésta se basaba en un conocimiento incompleto. Heródoto también la concebía plana y Platón sólo aceptó la esfericidad de la Tierra al final de su vida [Platón, *Fedón*, 97d- e; y Platón, *Timeo*, 63a].

era del todo ridícula «la forma en que siguen dibujando los mapas de la tierra: dibujan la parte habitable en forma redonda, lo que es imposible tanto por los hechos como por el razonamiento» (*Meteorológicos* II. 5, 362b). Partiendo de esta base, Aristóteles adoptó la división presumiblemente parmenídea de la Tierra en cinco zonas, que definió en términos de ecuador, trópicos y círculos árticos⁸³. Para ello resultó decisiva su medición de la oblicuidad de la eclíptica, pues servía de referencia a los *klímata* (inclinaciones)⁸⁴. El mundo asumido por el filósofo estagirita era simétrico en lo que hace a la distribución del mundo habitable: éste se ubicaba por partida doble, en virtud de esos mismos *klímata*, entre dos zonas inhóspitas, a saber, los respectivos polos y el cinturón constituido por la *franja tórrida*, cuyo centro era el ecuador. El mundo habitado, pues, estaría comprendido entre regiones inhabitables limitadas en cuanto a latitud; el único límite longitudinal del *oikoumenē* lo constituía el Océano. Asimismo, aceptó como medida de la circunferencia de la Tierra la cifra de 400.000 estadios (*Acerca del cielo* II. 14, 298a), y la proporción del mundo habitado en 5:3⁸⁵.

La inmensa mayoría de los autores posteriores siguieron asumiendo estos postulados, en algunos casos introduciendo ligeras variantes: el historiador Polibio, por ejemplo, mantenía que la zona ecuatorial debería ser más fría que las áreas circundantes, y ello por dos razones: la primera tenía que ver con los testimonios recogidos de los exploradores; y, la segunda, si cabe aún más fiable, por los movimientos del Sol: al alejarse éste rápidamente de los puntos extremos, el clima debería ser más templado a causa del menor tiempo de exposición a los rayos solares. Polibio establecería finalmente que la Tierra estaría dividida en seis zonas climáticas: dos bajo los círculos árticos, otras dos entre éstos y los trópicos y, finalmente, dos entre éstos y el ecuador (*GE* II, 3. 1). División con la que Estrabón se mostraría especialmente crítico sobre la base de los venerables requisitos clásicos de *simetría* y *simplicidad*. En este sentido, Estrabón retorna a la antigua división

⁸³ Según Estrabón, Posidonio afirmaba, a su vez, que había sido Parménides el primero en dividir la tierra en cinco zonas climáticas: una caliente, dos moderadas y otras dos frías (*GE* II. 2, 2). Lamentablemente, este dato no podemos cotejarlo porque del filósofo eleata sólo se conserva un largo poema en hexámetros en el que no hay referencia alguna a esta cuestión. Las únicas alusiones existentes vienen, pues, de la mano de terceros. Véase, también, Ward 1905, pp. 387- 388.

⁸⁴ Resulta curioso comprobar cómo el concepto original ha derivado hasta la moderna acepción de *clima*, que designa ahora no a la propia causa, sino a su consecuencia.

⁸⁵ Las ediciones contemporáneas de los *Meteorológicos* suelen estar acompañadas de diagramas a modo de mapas que muestran la posición de los vientos, cuyo centro viene a ser Grecia o el Egeo. El círculo representa el horizonte visto desde ese punto. Según parece, el esquema aristotélico fue completado por Timóstenes de Rodas en su obra *De los puertos*, quien añadió dos vientos más a los diez presentes en la obra del Estagirita.

de nuestro planeta en cinco regiones, puesto que las simétricas zonas tórridas adyacentes al ecuador muestran que este corte es superfluo (*GE* II, 3. 2)⁸⁶. En Cicerón también encontramos la idea de la división zonal de la Tierra en cinco regiones, de las cuales serían inhabitables las dos glaciales y la franja tórrida; las zonas habitables, tanto Subtropical como Septentrional, quedarían comprendidas entre éstas⁸⁷.

2.2. La geografía en el periodo grecorromano.

Con la expansión de Alejandro la geografía experimentó un considerable impulso. Las fronteras del mundo conocido se ampliaron bastante, y Alejandría tomó el testigo de manos de la cada vez menos floreciente Atenas. Entre los años 50 y 150, la praxis romana y la especulación griega se hermanaron para producir notables avances en cartografía matemática, aunque la barrera idiomática condujo a la existencia de vacíos sorprendentes y a una cierta lentitud en la asimilación de los nuevos datos. Generalmente, se dibujaban mapas nuevos sobre la base de alguno puesto previamente en circulación, aunque se hacían eco de los datos extraídos de tentativas anteriores. La labor del geógrafo tendría entonces un carácter eminentemente *crítico* en lo que atañe a la mejora y corrección de los ejemplares previos: ésta sería, sobre todo, una labor de *actualización* del mapa existente, perpetuando de este modo un *corpus* de conocimientos que se iba remendando paulatinamente.

Autores como Eratóstenes, Estrabón y Ptolomeo trabajaron sobre esta base, compartiendo todos ellos una misma metodología, caracterizada del modo siguiente: en primer lugar, la *elección* del trabajo de un autor precedente como punto de partida. Este autor de referencia proporcionaba no sólo un marco general, paradigmático si se quiere, sino también un conjunto actualizado de datos. Seguidamente, el *reconocimiento*, en ocasiones explícito, de algunas de las virtudes del trabajo de su predecesor: la mayoría de las veces la información que entendían *correcta* era repetida sin más; y, por último, la *corrección* de los errores, lo que justificaba la aparición de la nueva obra. En la medida en que la labor del cartógrafo de esta época no es tanto de *creación* cuanto de *recopilación*, se

⁸⁶ Las medidas asignadas por Polibio a las diferentes regiones serían también cuestionadas por Estrabón.

⁸⁷ Cicerón, *Sobre la república* VI, 20 – 21.

ha afirmado que el mapa alejandrino experimenta una pérdida de poder *ontológico* respecto a su homónimo jonio del siglo VI (Jacob 1999, p. 42). Como contraprestación a esta hipotética pérdida, dicho mapa manifestaría en su lugar un sólido compromiso con el ejercicio del poder político (*op. cit.*, p. 31). En este sentido, la geografía se torna una disciplina práctica al servicio de generales y estadistas, concepto forjado con el historiador Polibio, quien dedicó el Libro XXXIV de sus *Historias*, tratado que ilustraba las campañas de la conquista romana, a la Geografía⁸⁸.

2.3. La Geografía ptolemaica.

La principal contribución del cosmógrafo Ptolomeo a la ciencia de la Geografía la realizó en su *Geographike Hyphegesis* o *Guía de Geografía* (circa 150 n.e), un pequeño tratado compuesto por ocho libros cuyo objetivo básico es el trazado de un mapa del *oikoumenē* (o mundo habitado) del modo más fidedigno posible (*GH* I. 2)⁸⁹. En el caso de Ptolomeo, además, la geografía se integra en un proyecto cosmológico global que le confiere sentido: tanto la Astronomía como la Geografía serían partes de una única ciencia racional, y ambas estarían estrechamente relacionadas⁹⁰.

Como resultado, el esfuerzo de Ptolomeo se erige en el más claro representante de un tercer modo de concebir la tarea, eminentemente *físico* y *matemático*, en cuanto refiere a la forma de la Tierra y a su posición en el Universo, así como a la pertinencia de los métodos astronómicos para el cálculo de las distancias y la representación gráfica de las mismas. En este caso se requiere, en un primer momento, desentrañar la forma de la Tierra, así como su tamaño y posición dentro del Universo. De esta suerte, Ptolomeo postula una

⁸⁸ No obstante, lo único que pervive son referencias de Estrabón y de otros autores sin tantos intereses cartográficos, careciendo de fragmentos originales atribuidos al propio autor. Tampoco podemos descartar el hecho de que ciertos pasajes de su obra fueran copiados literalmente por Estrabón. Existe, además, un segundo sentido en el que la cartografía deviene en instrumento de dominación, más sutil aunque quizá de mayor calado, que tiene que ver con el modo en el que se traza el contorno del mundo habitado; éste se representaba usualmente en forma de clámide, un antiguo manto de uso militar que era un símbolo de poder real en la iconografía greco-egipcia. Para ahondar en detalles, véase Doble 2004b, pp. 657 y ss.

⁸⁹ A la hora de referirnos a la obra de Ptolomeo, la caracterizaremos con el acrónimo *GH*, seguido del número correspondiente al Libro, capítulo, etc. Para las citas alusivas al texto hemos empleado principalmente la edición anotada de Berggren y Jones 2000, a nuestro juicio la mejor edición de la *Geographia* ptolemaica disponible, aunque se ciñe exclusivamente a los capítulos teóricos, dejando a título de ejemplo un pequeño muestrario de las coordenadas. Existe una traducción anterior a cargo de E. L. Stevenson, publicada en la editorial Dover, mucho menos afortunada por cuanto parece menos literal y más adaptada a un lector moderno, aunque recoge la totalidad de la obra.

⁹⁰ En sucesivas referencias, citaremos el *Almagesto* como *SM* (*Mathematike Syntaxis*); y a su otra obra astronómica, *Las Hipótesis de los Planetas*, como *HP*, seguidas ambas del libro, capítulo, etc.

tierra «razonablemente esférica» (*SM*, 1. 4, p. 40) que ocupaba la posición central del Universo conocido (*SM* I. 5, p. 41). Basándose en los cálculos de Posidonio⁹¹, Ptolomeo asumió que la circunferencia terrestre medía «18 miríadas [180.000] de estadios» (*HP* I. II, p. 84). Seguidamente, procedería a hablar del mundo conocido, intentando especificar su forma y extensión. Para Ptolomeo, pues, la Geografía en tanto que ciencia es una imitación (*mímesis*) del mundo conocido y sus características –las ciudades más grandes y villas, las cadenas montañosas, los principales ríos y, especialmente, las líneas costeras, que marcaban los contornos de las tierras a representar⁹².

El *corpus* central de la obra (*GH* II. 2 – VII. 4) lo constituye un exhaustivo catálogo cercano a las ocho mil referencias, definidas en términos de latitud y longitud, y ordenadas en función de la situación norte-sur y oeste-este de cada región o provincia en particular. Dichas referencias se plasmarían en un mapa, convencionalmente, empezando por los lugares que habrían de representarse en sentido descendente, primero, y de izquierda a derecha después. Para obtener una visión de conjunto, bastaba con mantener las proporciones entre los diferentes elementos pertenecientes a cada mapa en particular. Las coordenadas de este índice toponímico vienen expresadas en el sistema sexagesimal originario de Babilonia, en grados y fracciones de grado.

2.3.1. Métodos empleados.

En los capítulos introductorios de la *Geografía* (*GH* I. 1- 21), Ptolomeo expone los métodos fundamentales para la recogida de los datos que han de fundamentar el mapa. Para ello emplea un sistema doble. La razón de este doble método estriba en las diferentes

⁹¹ Considerado «el viajero más inteligente de la Antigüedad» (Sarton [1959] 1965, p. 435), Posidonio intentó mejorar la estimación de Eratóstenes del tamaño de la circunferencia de la Tierra al reducir (incorrectamente) la cifra en un 18 por ciento, dando un resultado final de 180.000 estadios. Esta nueva cifra se apoyaba principalmente en el cálculo de la distancia entre Rodas y Alejandría que, según su criterio, equivalía a 3.750 estadios. Asimismo, afirmó que el mundo se desarrolla en torno a 180° del extremo este al oeste. Curiosamente, el radio terrestre así establecido fue empleado más tarde por Ptolomeo en *Las Hipótesis de los Planetas* como unidad astronómica básica para calcular las distancias existentes entre la Tierra y las diferentes esferas celestes.

⁹² Ptolomeo se mostraba aún más ambicioso si cabe, y para completar su proyecto cosmográfico global veía la necesidad, siempre que fuese posible, de determinar bajo qué paralelos de la esfera celestial se situarían las localidades o regiones correspondientes. Dichos lugares aparecen recogidos en *SM* II. 6. Aunque la aportación principal a la Geografía lo hace desde la obra que estamos comentando, en su *opus magna* dedicada a la Astronomía proporciona, además, hechos y figuras para trazar un mapa estelar. Ptolomeo incorpora, además, un catálogo de todas las estrellas conocidas hasta el momento en términos de latitud y longitud en referencia a la eclíptica.

peculiaridades de la latitud y de la longitud: fija la latitud teniendo como referencia la duración de la luz diurna en el solsticio de verano, concepto tomado de Hiparco, y la longitud exclusivamente por tiempo, comparando la hora local a partir de un primer meridiano, que sitúa de modo arbitrario al oeste del mundo conocido, coincidiendo con la situación de las Islas Afortunadas⁹³. En *GH* I. 2, Ptolomeo veía la necesidad de una investigación *sistemática* que tuviese en cuenta, en primer lugar, el conocimiento procedente de los informes de los viajeros con cierta formación -entiéndase *científica*- que habían visitado diferentes regiones, con el fin de ajustar la posición relativa de los lugares a través de una exacta medición de las distancias.

Pero la ausencia de un *punto fijo*, que pudiese servir de referencia más o menos estable para el cálculo de la longitud, obligó a Ptolomeo a trabajar, principalmente, sobre la base de los informes y relatos de viajeros y de las estimaciones de distancias y rumbos, de por sí menos precisos que los obtenidos mediante la otra vía. En *GH* I. 4 recomenba especialmente la vía astronómica dada su superioridad. El método más fiable, sin embargo, se derivaría del empleo combinado de instrumentos como el astrolabio y *gnomon* que, en tanto científicos, resultaban autosuficientes. Aunque también ideó el *metereoscopio* (*GH* 1. 3), un instrumento basado en la esfera armillar aunque con mayor número de esferas circundantes, en concreto nueve. De este modo compensaría la escasez de fenómenos astronómicos de referencia para calcular de un modo preciso la posición de cada emplazamiento.

⁹³ Sorprende que el rigor mostrado por Dilke haya sido abandonado de improviso al atribuir sin más el concepto de islas Afortunadas al Archipiélago Canario (Dilke 1985, p. 76). Que éstas se refieran explícitamente o no a las Canarias es harina de otro costal, propio de simpáticos historiadores llevados por cierto afán de triunfalismo nacionalista o mera ingenuidad (véase, para un notable ejemplo, Bonnet 1926, p. 5). En principio, Ptolomeo sitúa seis islas al oeste de la costa de Libia (África) aproximadamente sobre el mismo meridiano, variando únicamente en cuanto a latitud. Pero hubo que esperar hasta el año 1541, con la edición comentada por el propio Bonnet, una traducción al latín de la primera edición griega, para que estas islas apareciesen por vez primera reconocidas individualmente mediante un nombre. Éstas son Aprositus, Iunonis, Pluitana, Casperia, Canaria, Pintuaría. No obstante, en la primera edición inglesa moderna de la *Geografía* realizada sobre diferentes ediciones, encontramos en *GH* IV. 6, que estas islas son Inaccessa, Iunonia, Pluvialia, Capraria, Canaria y Ninguaria. Todo ello invita a considerar que el hecho de haber designado a Canarias como sede del primer meridiano ha sido producto de la interpretación de algún copista o editor más que del propio Ptolomeo, quien pudo haber tenido vagas referencias sobre lo que hoy conocemos como Canarias, Azores, Maderia o Cabo Verde, esto es, la región de la Macaronesia. Dada la rareza del ejemplar que manejó Bonnet, perteneciente por entonces a la Biblioteca Provincial, en virtud de las coincidencias observadas, inferimos que se trata, casi con total probabilidad, del ejemplar que se halla actualmente bajo custodia en el Fondo Antiguo de la Universidad de La Laguna.

2.3.2. Los mapas ptolemaicos.

A juicio de Ptolomeo, existían dos maneras básicas de cartografiar el mundo: 1) su inscripción en una superficie esférica; y 2) la representación en una superficie plana bidimensional. Las instrucciones para el primero las da en *GH* I. 22: para hacerlo posible, se debería mantener la proporción entre el paralelo que pasa por Thule y el ecuador; el tamaño del mapa dependería del contenido que, a su vez, iría en consonancia con la competencia y la ambición del cartógrafo. La gran ventaja de este modelo es la estrecha semejanza morfológica con el original, aunque no permitiría un tamaño capaz de contener la mayoría de los ítems que habría que plasmar en él, ni tampoco la posibilidad de que la vista abarcara la totalidad de una sola vez: habría que mover, bien el ojo, o bien el mapa, para obtener una percepción progresiva del todo (*GH* I. 20). Trazar un mapa en sentido-2 eliminaría prácticamente estas dificultades, aunque se requiere algún método de proyección con el fin de conseguir un parecido razonable con la superficie esférica del orbe terrestre.

Pero Ptolomeo, al igual que tantos otros, buscaba representar únicamente el mundo conocido, asumiendo una concepción del mundo profundamente influenciada por el esquema aristotélico de las regiones habitables en función de los *klímata*. La intuición de que el *oikoumenē* se situaba en el hemisferio norte del orbe terrestre la fundamentó mediante dos pruebas que estimaba cruciales: la primera de ellas se basaba en la estimación de la latitud, pues había observado que, en los equinoccios, la sombra del *gnomon* al mediodía apuntaba siempre hacia el norte; la otra, se apoyaba en la determinación de la longitud: para ello escogió el método basado en los eclipses lunares, y se dio cuenta de que el intervalo entre dos observadores cualesquiera de un mismo fenómeno de estas características jamás superaba la cifra de doce horas equinocciales (*SM* II. 1, p. 75).

Partiendo de esta base, supuso que debería existir una región en las antípodas del *oikoumenē* que fuera igualmente habitable, aunque suponía la existencia de una barrera natural, la *zona tórrida*, que impedía toda comunicación o información relativa a ella⁹⁴. El

⁹⁴ Esta última idea no era esencialmente novedosa: anteriormente, Crates de Pérgamo habría ido más allá de Ptolomeo al postular una forma inusual de simetría: una Tierra separada por dos cinturones oceánicos que se intersectan, dejando al descubierto cuatro masas terrestres simétricas: *oikoumenē* para la región noreste;

oikoumenē (o mundo conocido) se extendería hacia el este unos 180° en longitud, haciendo coincidir cada hora con unos 15°. Taprobane –la moderna Sri Lanka- sería el confín este del mundo habitado, atribuyéndole la duración del día en 12 1/4 h. El límite septentrional lo marcaría la denostada isla de Thule, cuya duración del día más largo la estimaba en 20 h. A partir de ahí, se dibujaban siete paralelos que cubrían las partes más populosas del mundo conocido, y cuya variación se registraba entre las 13 hasta las 16 h. Las instrucciones para elaborar los mapas se recogen en *GH I. 22- 24*.

2.3.3. Las proyecciones desarrolladas por Ptolomeo.

Los tipos de proyecciones a los que Ptolomeo recurre para representar el mundo conocido son tres, y nos referiremos a ellas como P1, P2, y P3. Tras criticar la proyección ortogonal empleada por Marino de Tiro⁹⁵, Ptolomeo sugirió una primera tentativa, P1, consistente en utilizar una proyección del tipo *cónica simple o regular*, descrita en *GH I. 24*. En ella, los meridianos se representan como líneas rectas que se intersectan en un punto que está más allá del *oikoumenē*, situado aproximadamente unos 25° sobre el polo Norte. Los paralelos, por su parte, se representan como radios de arcos circulares hasta el límite sur del Ecuador.

Las referencias básicas están bien definidas según Ptolomeo: la línea circular más extensa es el ecuador, cuya determinación se hace por métodos astronómicos por analogía con la eclíptica; los círculos paralelos a éste se definen en función de la duración del día más largo, delimitando las regiones en las que, aproximadamente, las diferencias se mueven en una misma horquilla y, conforme se vayan alejando del ecuador, se produce un aumento de la *presión demográfica* de los mismos en el mapa. La longitud del *oikoumenē*,

antoikoi, para la sureste; *periokoi* al noroeste; y, finalmente, designó como *antípodas* la franja suroeste. Como tantos otros, Crates se mostraba más interesado en dar un relato plausible a las descripciones homéricas que en investigar las explicaciones que sugerían la existencia de una masa de tierra africana continua extendiéndose a lo largo del ecuador. Según Estrabón, la forma del mapa terrestre sólo sería correcta si éste era dibujado en una esfera y tenía, al menos, diez pies de diámetro.

⁹⁵ Sabemos de la existencia de Marino a través de las críticas, eminentemente hostiles, del propio Ptolomeo. En la *Geographia*, Ptolomeo atribuía a Marino un rol análogo al que tenían Hiparco y Posidonio en el *Almagesto*. Marino de Tiro se habría valido de un sistema similar aunque, en opinión de Ptolomeo, su catálogo era incompleto, puesto que definía algunas posiciones tomando únicamente como referencia la latitud. Otras, sólo en virtud de su longitud, que señalaba en cada caso sólo una de las dos caras de la moneda (*GH I. 6*). La variante introducida por Ptolomeo consistió, entonces, en asignar a todos y cada uno de los lugares el par de coordenadas en términos de latitud y longitud con lo que, desde luego, se ganaba en precisión.

en el paralelo de Rodas, es de 72.000 estadios. Al llegar al ecuador, Ptolomeo introduce una modificación *ad hoc*: los meridianos cambian de trayectoria, mostrando la proyección un ángulo abrupto. La razón aducida es la siguiente: si la progresión continuara indefinidamente, ésta daría una escala enormemente exagerada al sur del ecuador. Los paralelos que marcan las fronteras del *oikoumenē*, presentes en todas las proyecciones de Ptolomeo, son los siguientes: al Norte, el de Thule; al sur, el que se sitúa en las antípodas de Meroe.

Buscando una aproximación más cercana a la realidad, Ptolomeo ideó una segunda proyección, P2, descrita también en *GH* I.24. Ésta resulta ser del tipo *pseudocónica en clámide*, y se caracteriza por disponer los meridianos como una serie de arcos igualmente equilibrados en torno a un meridiano central recto, a modo de paréntesis a derecha e izquierda, progresivamente más curvos a medida que se van alejando del mismo. Los paralelos se disponen del mismo modo que en P1, es decir, como una serie de arcos circulares concéntricos, aunque esta vez tomó como paralelo central el de Syene; los límites siguen siendo los mismos en cada uno de los cuatro puntos cardinales. Aunque P2 permitía dibujar mapas más cercanos a la realidad, se encontró con una grave dificultad: la imposibilidad de situar los lugares correctamente respetando las proporciones.

Finalmente, propuso aún otra tercera proyección, P3, descrita en *GH* VII. 6. Este tercer modelo del mundo conocido, de tipo *azimutal*, se inscribía dentro de una circunferencia que representaba el globo terráqueo. Pero, al igual que P2, tampoco logró dar una representación satisfactoria de los diferentes lugares. Por lo tanto, acabaría recomendando P1 para un mapa del mundo conocido.

Sin embargo, los métodos proyectivos ideados por Ptolomeo se traducen empíricamente en mapas que sólo resultan útiles en cuanto contemplados en la cómoda mesa de una biblioteca, respetando más o menos la escala de los tamaños y distancias de los lugares. Es más, incluso en su proyecto subyacía la ambición de que fueran abarcables con la mirada en toda su integridad, similar a la hipotética perspectiva del *Ojo de Dios*, en una curiosa *liaison* con los trabajos sobre óptica geométrica. No obstante, no eran mapas adecuados para trazar un itinerario, porque éste tomaba una dirección curva, que precisaba ser corregida continuamente.

Consciente de esto, Ptolomeo introdujo la idea de la *cartografía regional*, para la que establece otro tipo de proyecciones, y cuyos mapas resultantes (en concreto, diez para Europa, cuatro para África y doce para Asia) sí son más adecuados para ser empleados por un viajero puesto que se representaban regiones mucho más pequeñas del espacio y, en consecuencia, con mayor profusión de detalles, aunque todavía careciesen del trazado de carreteras y caminos⁹⁶. La *cartografía regional*, la versión ptolemaica de la *corografía* presente en autores anteriores, caso de Estrabón, consistiría en la representación (que no descripción) de regiones más pequeñas del mundo conocido, anticipando así el uso de los modernos atlas. A ella le dedicó Ptolomeo el Libro VIII y último de su obra.

2.4. El “redescubrimiento” de Ptolomeo en el Renacimiento tras el paréntesis medieval.

Los mapas ptolemaicos arquetípicos provienen de reconstrucciones tardías realizadas siguiendo sus instrucciones. Un bizantino, Maximo Planudes, se proclamó el *redescubridor* de la obra geográfica de Ptolomeo en el Renacimiento (Diller 1940, p. 66). Dado que la obra que él encontró carecía de mapas, trazó varios prototipos siguiendo las instrucciones del texto, posiblemente con enmiendas al original⁹⁷. Al margen de estas vicisitudes, lo realmente relevante es que, a través de los manuscritos ptolemaicos, los eruditos renacentistas pudieron acceder a una ingente cantidad de detalles topográficos que influyeron en su concepción del mundo, especialmente tras su traducción al latín a principios del siglo XV. Esto trajo como efecto *perverso* que sus *errores* también se perpetuasen, en concreto, su reducida estimación de la medida de la circunferencia de la Tierra, así como el enorme tamaño atribuido a China.

Semejante influencia, paradójicamente, no se registró durante la época medieval, donde se puede hablar de un paréntesis. Aunque tras la desaparición del texto ptolemaico se perdiese la *costumbre* de contener el mundo en una red cartográfica de meridianos y

⁹⁶ Es de señalar que Ptolomeo no sólo reflejaba accidentes orográficos que podríamos calificar de primarios: cadenas montañosas, ríos, grandes ciudades... En ellos incluía también tópicos más modernos, como tipo y características de población, anticipando de esta forma los mapas temáticos.

⁹⁷ También es posible que los ejemplares más antiguos que se conservan hayan podido inspirar, a su vez, a los mapas manuscritos posteriores. Pero tampoco tenemos muy claro que el texto original incluyese mapa alguno, máxime teniendo en cuenta su valor estratégico.

paralelos, encontramos bastantes elementos de interés en los mapas medievales. En este periodo, la cartografía medieval se regía por otras normas, en la que los mapas, por regla general, se diseñaron para englobar conceptos espaciales y temporales. La misión principal dejaba de ser el facilitar la orientación del viajero individual. El prototipo de los primeros mapas de esta época podemos encontrarlo en los capítulos geográficos de las *Etimologías* de Isidoro de Sevilla, donde aparece un mapa característico del tipo *OT*⁹⁸. En él se muestra el *oikoumenē* o mundo conocido hasta entonces, imaginado como un círculo dividido entre los tres continentes conocidos hasta la fecha: Asia, Europa y África. El continente asiático ocupa el doble de extensión que los demás. Además, Isidoro recuperó la vieja idea homérica de un océano circundante, al cual van a desembocar los dos *mares* interiores – uno de ellos, el Mediterráneo.

Otro tipo de mapas característicos de la época son los llamados *mapas detallados*, en los que se representa prácticamente todo, como tendiendo al *horror vacui*, conforme a algún criterio de organización espacial. De este modo, junto con las ciudades, los mares, las montañas, se indican las regiones e incluso las tribus. Son paradigmáticos el *mapa Ebstorf*, en el que el mundo se representa como si fuera el cuerpo de Cristo, con su cabeza y extremidades coincidiendo con los puntos cardinales, así como el mapa que se encuentra en la catedral de Hereford, datado en torno al año 1300, y que se cree que se trata del último ejemplar de una cadena de copias (Crone [1953] 2000, p. 21). El área representada en el mismo corresponde al antiguo Imperio Romano, incluyendo el territorio conquistado por Alejandro Magno. En la parte superior del mapa se representa el Este, sede del Paraíso Terrenal, desde donde fluyen los cuatro ríos principales para anegar las tierras; el centro lo ocupa Jerusalén. En este mapa, además, conviven monumentos clásicos, como el faro de Alejandría, con los mitos y maravillas descritos por Plinio, pasajes y lugares bíblicos, junto con personajes o lugares contemporáneos.

A principios del siglo XVI aún no había demasiados mapas a gran escala. Pese a

⁹⁸ El carácter simbólico de los mismos parecer haber sido el principal motivo del empleo de este tipo de mapas: la idea de la T superpuesta a la O podría simbolizar la salvación del *orbe* (O) por medio de Cristo Crucificado (T). Un menor compromiso ideológico entraña el hecho de que *OT* refiera simplemente a la expresión *Orbis Terrarum*. Para otro tipo de mapas, vale perfectamente la asunción de la *cristianización* del mapa, por medio de la cual las fuentes bíblicas de contenido geográfico constituyen otra fuente de datos para la selección de lugares de especial significado espiritual. Así, la división tripartita de los continentes coincidiría con los tres hijos de Noé aparecida en Génesis, 9-10 (Edson [1997] 1999, pp. 5 y ss.). La herencia clásica, pues, se pasaría por un filtro cristiano.

que podían albergar multitud de detalles, lo que los hacía especialmente atractivos, resultaban incómodos de transportar, a la vez que enormemente costosos. Uno de ellos fue compilado y publicado por Martin Waldsemüller en 1507, y destaca por ser el primero en contener el nombre «América» para designar al Nuevo Mundo, cuyo encuentro era demasiado importante como para ignorarlo. Este mapamundi pertenece a su *Cosmographiae Introductio*, y se traza conforme a una *proyección cónica*, una de las vías de desarrollo de P2, por medio de la cual se extiende el mapa del mundo, aunque no tan suavemente, como se deduce por lo abrupto del cambio en la progresión de los meridianos en el ecuador.

Pese a que el propio Walsemüller reconocía posteriormente su error al haber atribuido a Vespucci su descubrimiento, el nombre de «América» había calado en el acervo cultural popular, lo que muestra el poder potencial de las inscripciones realizadas en letra impresa. Esta red se afianzó aún más cuando Mercator, en 1538, dividió el nuevo continente entre Norteamérica y Sudamérica en su *Orbis Imago*. Este mapa de Mercator nos presenta un mundo dividido en dos hemisferios, trazados en una inusual doble *proyección Stab-Werner*, también llamada *cordiforme*, posiblemente una derivación de la *doble proyección cordiforme* que Orontius Fine empleó en su *Nova et integra universi orbis descriptio* de 1531 (Mangani 1998, p. 60). Ésta se caracteriza por la prominencia de las dos regiones polares, conectadas entre sí por un primer meridiano; el mundo se divide en dos regiones a partir del ecuador. Contrariamente a la opinión popular, Mercator no creía que Asia y Norteamérica estuviesen unidas por algún punto, a pesar de su cercanía. El polo Sur se concibe y representa como una *Tierra incógnita* de grandes dimensiones.

Hasta 1570, la mayoría de las publicaciones cartográficas eran ediciones de la *Geographia* de Ptolomeo. Antes de 1500 se publicaron, al menos, siete ediciones folio de la misma, profusamente ilustradas y rubricadas; y suplementadas, en la mayoría de los casos, con mapas. Entre ellas destacan la de Francisco Berlinghieri, ca. 1478, la primera de algunas versiones poéticas. La proyección en él contenida parecer ser la más fidedigna respecto a la original empleada por Ptolomeo (Brown [1949] 1979, p. 155). En 1570 aparecieron las dos primeras ediciones del primer atlas geográfico moderno editado y compilado por Abraham Ortelius. Su *Theatrum Orbis Terrarum* era una colección exhaustiva de mapas, bien documentados, cuyos mapas se habían editado en un tamaño

conveniente y decorados convenientemente. En esta obra, Ortelius traza el mundo conforme a una *proyección oval*. Como todas las proyecciones de este tipo, los paralelos son líneas horizontales equidistantes, y los meridianos son curvas que se muestran equidistantes a la altura del ecuador.

El “*Typus Orbis Terrarium*”, en el *Theatrum Orbis Terrarium* (1570) de Ortelius constituye el ejemplo más artístico de este tipo de proyección (Snyder [1993] 1997, p. 38). En él, Ortelius había abandonado la *proyección cordiforme* que había empleado en 1519, posiblemente porque apenas tenía rendimiento práctico a pesar de que aún era válido en otros contextos, como el religioso, el literario y el moral (Mangani 1998, p. 63)⁹⁹. El plan general del volumen, así como la selección de mapas contenidos en él, era, sin embargo, tan antiguo como la propia *Geographia* de Ptolomeo; pero tan moderno, a su vez, como cualquier atlas geográfico contemporáneo. Primero había un mapa general del mundo, seguido de mapas de los cuatro continentes conocidos: América, Asia, África y Europa. Posteriormente, se hallaban mapas de varios países, así como las divisiones políticas existentes dentro de ellos. La aceptación de dicha obra fue universal hasta el punto de publicarse 28 ediciones en diferentes idiomas hasta la muerte del compilador en 1598 (Brown [1949] 1979, p. 164).

Pero, pese a todas estas innovaciones, a mediados del siglo XVI, el viejo mapa ptolemaico aún era reimpresso y publicado frecuentemente cara a cara, con mapas que daban cuenta de los últimos descubrimientos. A pesar de las *enmiendas a la totalidad* generadas a raíz de los nuevos descubrimientos, Ptolomeo seguía siendo el cartógrafo de referencia, como así parece desprenderse del siguiente pasaje del *Quijote*, en el que el protagonista y su fiel escudero, tras haber encontrado una barquita sin remos en la ribera del Ebro, se subieron en ellas dejándose llevar por la –en principio– suave corriente del río, para «dar socorro a algún caballero, o a otra necesitada y principal persona, que debe de estar puesta en alguna grande cuita». Acto seguido, se desarrolla el siguiente diálogo:

⁹⁹ Magnani 1998 le atribuye un significado probablemente hermético, al demostrar la conexión de Ortelius con una secta religiosa clandestina, los Familistas, cuyo emblema era el corazón como fuente de la Iluminación divina y el poder de la Libre Voluntad. Esta secta, fundada aproximadamente en 1540 por Hendrik Niclaes en Holanda, es una rama oscura de los anabaptistas, y tuvo también sus adeptos en Inglaterra, donde se publicó el ideario titulado *A Joyfyl Message of the Kingdom* del propio Niclaes. No obstante, parece ser que no fueron muy bien vistos en el periodo isabelino, aunque lograron sobrevivir incluso durante el reinado jacobino.

«-Y cuando lleguemos a esa leña que vuestra merced dice –preguntó Sancho–, ¿cuánto habremos caminado?

–Mucho –replicó don Quijote–, porque de trescientos y sesenta grados que contiene el globo, del agua y de la tierra, según el cómputo de Ptolomeo, que fue el mayor cosmógrafo que se sabe, la mitad habremos caminado, llegando a la línea que he dicho.

–Por Dios –dijo Sancho–, que vuesa merced me trae por testigo de lo que dice a una gentil persona, puto y gafo, con la añadidura de meón, o meo, o no sé cómo. Rióse don Quijote de la interpretación que Sancho había dado al nombre y al cómputo y cuenta del cosmógrafo Ptolomeo, y díjole:

–Sabrás, Sancho, que los españoles y los que se embarcan en Cádiz para ir a las Indias Orientales, una de las señales que tienen para entender que han pasado la línea equinocial que te he dicho es que a todos los que van en el navío se les mueren los piojos, sin que les quede ninguno [...]»¹⁰⁰.

Los problemas aquí tratados, con independencia de la aparición en escena de la brújula, nos sitúan en una dimensión aproximada del estado de cosas en el que se hallaba la problemática, tanto de la representación del espacio, como de la posición. Ciertamente es que hay desarrollos cartográficos posteriores a la aparición de la brújula, pero se justifican en relación con lo anterior al seguir un hilo conductor en función de los desarrollos de líneas de investigación previas. Seguidamente veremos cómo la brújula se asocia con la cartografía y la navegación para originar otro tipo de mapas: *los portulanos*, otra vía de desarrollo que cobró la cartografía en la época medieval, y cuyos propósitos eran meramente prácticos. Sin embargo, Gilbert articulará todo su sistema desde una perspectiva completamente *post-ptolemaica* en todos los sentidos: cosmológicos, cartográfico, etc. Cada piedra de su proyecto debía de estar edificada sobre una revisión de cada uno de los planteamientos cosmográficos de Ptolomeo, aunque subsistirán también elementos en común con el autor alejandrino. De alguna manera, Gilbert pretende encarnar en sí un nuevo Aristóteles y un nuevo Ptolomeo, configurando de este modo un autor *integral*. Pero, antes de entrar de lleno en la cuestión gilbertiana, hemos de tratar las innovaciones que trajo consigo la aparición de la brújula y que, de alguna manera, suponen el antecedente inmediato del estado de cosas en el que se encontraba el entrecruzamiento de los problemas teóricos y prácticos señalados al principio en la Inglaterra de finales del siglo XVI y principios del siglo XVII.

¹⁰⁰ El fragmento seleccionado se localiza en el capítulo XXIX de la segunda parte del *Quijote* (1615). El subrayado es nuestro. Conociendo de antemano el tono general de la obra, nos sentimos legitimados a manifestar dudas razonables sobre el auténtico sentido de dicha afirmación, esto es, sobre si atribuimos un carácter sincero a la misma en virtud de una suerte de *principio de caridad*, o bien si debe leerse desde la *ironía*.

CAPÍTULO III: LA BRÚJULA COMO SÍNTESIS SUPERADORA DE LOS PROBLEMAS PRECEDENTES.

Este capítulo está dedicado a la brújula, instrumento que en sí concentra los problemas tratados anteriormente, y es capaz, a su vez, de generar no sólo nuevos problemas, sino también nuevas vías de investigación. Mediante su concurso, se desarrolló un conocimiento teórico basado en la observación empírica de sus propiedades, permitiendo profundizar en vías que, de otro modo, difícilmente hubiera sido posible. Igualmente, se generaron nuevos aparatos, revolucionando con ello la navegación, así como la forma de representar el espacio, todo ello fundamentado en una nueva apelación a la experiencia. Como consecuencia de todo ello, se consolida la brújula como instrumento de navegación y como *marca*, sobre el que no cabe plantearse una vuelta atrás.

“Three new Marriages are made
One of the staffe and the sea astrolabe
of the sonne and starre is the other
which now agree like sister and brother
And charde and compasse which now at bate
will now agree like master and mate”

[T. Harriot, “Three Sea Marriages”]

1. Un objeto de origen incierto.

Es territorio común asumir hoy que tres inventos cuyo origen ha de buscarse en China, han contribuido sobremanera al desarrollo de la civilización occidental. Estos objetos son la pólvora, la imprenta de tipos móviles y la brújula. Curiosamente, estos tres elementos conforman una misma red interactiva que puede sintetizarse del siguiente modo: la imprenta permitió la difusión del conocimiento de nuevas tierras, a las que se llegó gracias a la intervención de la brújula; tierras que, a su vez, fueron sometidas mediante el uso bélico de la pólvora. Dada su pertinencia para nuestro objeto de estudio, nos centraremos en la brújula, instrumento que deviene un *nudo*, puesto que en ella convergen las problemáticas tratadas anteriormente a modo de *síntesis* superadora. En tanto que instrumento, igualmente incorpora un conocimiento y, de alguna manera, condiciona el desarrollo posterior, tanto en su vertiente teórica como práctica. Y, una vez aparecida, la calidad de los vínculos establecidos gracias a su concurso ha hecho impensable una vuelta atrás.

Posiblemente los imanes fuesen algo más que una simple curiosidad con connotaciones mágicas una vez se constató que una aguja, al contacto con cualquier piedra magnética, quedaba magnetizada. Y, si se le permitía que se moviese libremente sobre un plano horizontal, se comprobaba que, cuando cesaba en su movimiento, lo hacía una y otra vez apuntando hacia una misma dirección. Las diferentes fuentes consultadas coinciden en afirmar que el origen de la brújula cabe situarlo en China en torno al siglo I, donde había sido empleada primero en las artes adivinatorias, como el *feng shui*, y también en juegos como el ajedrez (Needham 1962, p. 230)¹⁰¹. Tras un largo periodo de desarrollo

¹⁰¹ Por ejemplo, un primitivo modelo de brújula se creaba sobre el modelo de la Osa Mayor, al esculpir un trozo de magnetita confiriéndole la forma de cuchara a imagen y semejanza de dicha constelación. Esta cuchara se disponía posteriormente sobre un tablero de adivinación de madera que representaba la Tierra.

inicial, hace su aparición en Occidente, probablemente merced a los árabes. Pero hay que esperar hasta el año 1302, aproximadamente, para reseñar la aparición de la brújula en el modo en que la conocemos hoy, al establecerse la alianza entre la primitiva aguja magnética y la rosa de los vientos empleada para representar gráficamente los rumbos en el Mediterráneo¹⁰². Este compás náutico estaría protegido de los elementos al hallarse en el interior de una bitácora, un pedestal que le serviría asimismo de apoyo. La estructura se montaría sobre balancines para compensar el movimiento de un navío en alta mar. La aparición de un ingenio de este tipo tuvo lugar, según parece, en la ciudad veneciana de Amalfi, de manos de un legendario personaje, Flavio Goia, cuya existencia es aún objeto de controversia (Aczel 2001).

Precisamente por su estrecha conexión con la brújula, parece razonable inferir que la familiaridad con la piedra magnética condujo al instrumento, independientemente de cualquier conjetura teórica. Por lo tanto, estaríamos ante un objeto cuya genealogía es meramente técnica. Quizás debido a ello, su uso se estandarizó durante los siglos XIV y XV. De hecho, la brújula supone una *marca*, en la medida en que, una vez instaurado su uso, se ha considerado imprescindible para la navegación, con independencia de que, paulatinamente, otros aparatos han ido sustituyéndola dentro del utillaje habitual de un navío. Aún así, estas mejoras no suponen más que sucesivos refinamientos del modelo original. Aún más, queda por analizar el conocimiento generado por un instrumento tan sencillo como decisivo, bajo la forma de una fenomenología magnética más precisa. Precisamente estas recién descubiertas propiedades supusieron un acicate para la especulación filosófica posterior, que culminaría subsumida en un mismo esquema explicativo bajo la batuta de William Gilbert.

2. La orientación directiva básica.

El conocimiento de la propiedad directiva básica Norte- Sur puede cifrarse, en China, en torno a los siglos II a.C. y I d.C. Hacia el año 139, aproximadamente, se aplicaba el

¹⁰² A pesar de la larga tradición existente en China sobre el uso del imán y la familiaridad con el uso de la brújula, su aplicación en la navegación fue, paradójicamente, relativamente tardía, pues las primeras descripciones claras y precisas datan del siglo XI. Por el contrario, en Europa, casi desde su introducción, estuvo vinculada con dicha aplicación práctica. En relación con esto, la brújula fue inicialmente dividida según el sistema de la rosa de los vientos de dieciséis puntos, con medios y cuartos, posibilitando que la orientación se efectuara con relativa facilidad y rapidez.

conocimiento de la misma para viajar sobre tierra firme (Thompson 1914, p. 2). En Europa, la primera mención conocida de la orientación basada en un imán con la suficiente libertad de movimiento se comenzó a definir alrededor de los siglos XI y XII, apenas poco después de reconocerse su utilidad en estos menesteres en China. En el *De Utensilibus* (ca. 1180) del inglés Alexander Neckham podemos encontrar lo siguiente:

«En el equipamiento de un barco debe haber una aguja montada sobre un dardo que oscile y gire hasta que el extremo mire hacia el norte, y los marineros sepan así cómo dirigir su curso cuando la estrella polar se oculte a causa del estado problemático de la atmósfera»¹⁰³.

En otra obra suya, *De Naturis Rerum* (ca. 1190), Neckham describe una magnetización artificial de una aguja suspendida sobre un pivote, cuyo resultado es que ésta apunte hacia el norte, especialmente cuando las condiciones meteorológicas no son del todo favorables:

«Además, cuando naveguen los marineros y no puedan beneficiarse por la luz del sol en tiempo nublado, o cuando el mundo esté envuelto en la oscuridad de las sombras de la noche, e ignoren hacia qué punto se dirige el rumbo del barco, tocan la piedra magnética con una aguja, la cual gira circularmente hasta que cesa su movimiento, apuntando directamente hacia el norte»¹⁰⁴.

De este modo tan sencillo, se asocian los principios de *polaridad* y *orientación*, si bien este último se reduce a ser mera manifestación del primero. En este sentido, John de Sant Amand introduce un nuevo concepto en la discusión, que gira en torno al lugar en el que cabe ubicar realmente el polo magnético:

« [...] en el imán hay una traza del mundo, porque en él hay una parte que contiene en sí misma la propiedad del oeste; otra, la del este; otra, la del sur; y otra, la del norte. Y digo que él atrae más fuertemente en la dirección norte y sur»¹⁰⁵.

2.1. La polaridad.

Podemos retrotraernos hasta la *Epistola de Magnete* de Pierre de Maricourt¹⁰⁶ para

¹⁰³ Citado por Arnold 1904, pp. 37- 38.

¹⁰⁴ *Op. cit.*, p. 37.

¹⁰⁵ Citado por Jonkers 2000, p. 297.

¹⁰⁶ *Epistola Petri Peregrini de Maricourt ad Sygerum de Foucaurt militem de Magnete*. A pesar de contar con la edición realizada por Arnold, citada con anterioridad, nosotros citaremos siguiendo la edición de S. P. Thompson, *Epistle of Peter Peregrinus of Maricourt to Sygerus of Foucaourt Soldier concerning the Magnet* (London, 1902). Asimismo, nos referiremos a ella con el acrónimo *EDM*, seguido de la identificación de la parte, y el capítulo; dado que los capítulos son bastante cortos, no aparecen paginados. No obstante, las

encontrar vestigios sobre el concepto de *polo*. Todo indica que él fue el primero en determinar una posición definida para los mismos, así como de proveer instrucciones para definirlos. De modo análogo a los astrónomos, que asumían la existencia de dos puntos especialmente destacados en el firmamento (los polos Norte y Sur, o Ártico y Antártico, respectivamente), Peregrinus postuló la existencia de dos puntos igualmente destacados en el imán, también Norte y Sur, los cuales se orientarían «en la dirección de su propia parte de los cielos» (*EDM I*, 4). A pesar de que el extremo norte de un imán fuese un fiel reflejo de la parte norte de los cielos, únicamente podría atraer al extremo sur del hierro, conforme a lo que Peregrinus denominaba como «apetito natural de la piedra» (*EDM I*, 8). Si intentáramos forzar la situación, y hacer que el extremo norte del hierro se uniese magnéticamente al polo norte del imán, éste último repelería al primero; en caso de persistir, la *violencia* sería tal, que «la virtud del hierro se alteraría fácilmente» (*EDM I*, 8).

La obra de Peregrinus supone también una de las primeras hipótesis sobre dónde localizar la fuente emisora de dicha propiedad magnética. Para Peregrinus, tanto la piedra imán como los demás cuerpos magnéticos reciben su *virtus* directamente de los cielos, lo que explicaría la orientación básica de la aguja en la dirección Norte-Sur. Cada uno de estos puntos, prosigue, «estará en la dirección de su propia parte de los cielos» (*EDM I*, 5). Para Peregrinus, pues, «es de los polos del mundo desde donde los polos del imán reciben su virtud» (*EDM I*, 10). El concepto de *mundo* aquí presente podría generar cierta confusión si no fuera porque Peregrinus se parafrasea algo más adelante, afirmando lo siguiente, a saber, «que es de los polos de los cielos desde donde reciben su virtud los polos del imán» (*EDM I*, 10). Dado que los polos magnéticos son traducción de los celestes, cada punto del imán tendría, por ende, su homólogo en los cielos. De este modo justificaba una de sus premisas de partida, la que concernía a que la piedra imán «contiene en sí misma la similitud de los cielos» (*EDM I*, 4). Por lo tanto, para desentrañar las «operaciones naturales» del imán, Peregrinus recomendó el empleo de un imán esférico (*magnes rotundus*), con sus dos polos bien definidos,

« [...] de modo que la piedra fuese como una esfera comprimida entre los dos polos [...] encerrada en el medio entre dos cápsulas [de madera ligera] a modo de espejo [...] tan unidas la una a la otra [mediante un cemento apropiado] que no se abran más ni entre el agua»¹⁰⁷.

referencias son bastante fáciles de cotejar.

¹⁰⁷ *EDM II*, 1. Dicho imán representaría, sin más, el firmamento. En virtud de ello, el propio Peregrinus defendía que, para aprehender la naturaleza *oculta* de la piedra, se requería no sólo una cierta pericia

La presunta *simpatía* magnética establecida entre la piedra y el cielo le indujo a creer que éste forzaba al imán a seguir a la esfera celeste en su revolución diaria sobre la tierra. La consecuencia fundamental que se deriva de estas premisas es que es el polo quien rige el movimiento de la aguja. Y, pese a que «una parte se moverá hacia la estrella denominada la estrella Náutica porque está cerca del polo» (*EDM I. 7*), la presencia de la estrella es meramente anecdótica, puesto que su función quedaba restringida a ser una mera referencia visual para el navegante.

2.2. La hipótesis de una estrella que guía.

Una alternativa al polo celeste fue la estrella más cercana a él, Polaris, en la constelación de la Osa Menor, en virtud de su condición de circumpolar. En líneas generales, se aplicó el mismo concepto de *simpatía* para establecer una cierta conexión entre dicha estrella y la brújula. Esto quizás condujo a la asociación de la primitiva aguja magnética con la rosa de los vientos. Entre los autores solidarios con esta hipótesis, encontramos a Jacques de Vitry, para quien:

«Una aguja de hierro, después de tener contacto con la piedra imán, siempre mira hacia la Estrella del Norte, que permanece estacionaria mientras las demás giran, como si fuera el eje del firmamento. Por ello [dicha aguja] es necesaria para los que viajan por mar»¹⁰⁸.

Igualmente, tanto Guyot de Provins como Bruneto Latino describen la manera en que la aguja magnética apunta a la estrella polar. El primero de ellos lo expresó en un poema satírico, “La Bible” (ca. 1208), 632-654, del cual extraemos el siguiente fragmento:

«The point tuns toward the star;
And the mariners are taught
To follow the right way. /
It is an art which cannot fail»¹⁰⁹

El segundo, declaró en *Li Livres du Trésor des Sciences* (ca. 1260), que:

«Los marineros navegan los mares guiados por las dos estrellas conocidas como las tramontanas, y cada uno de las dos partes de la piedra magnética dirige el extremo de la aguja a la estrella hacia la cual esa parte misma

artesanal, para conferirle una forma perfectamente esférica, sino también un cierto conocimiento astronómico (*EDM I. 2*).

¹⁰⁸ J. de Vitry, *Historia Hierosolimitane* (ca.1218), p. 91 (citado por Taylor 1956, pp. 94- 95).

¹⁰⁹ «El punto se dirige hacia la estrella / y enseña a los marineros /a seguir la ruta correcta / Es un arte que no puede fallar». Citado por Arnold 1904, pp. 38.

gira».¹¹⁰

De ahora en adelante, cualquier teoría que aspirase a resultar medianamente satisfactoria, tendría que subsumir ambos fenómenos, la atracción y la dirección, en un mismo esquema explicativo.

2.3. La *mágica* montaña magnética.

Al conocerse que los imanes se atraían entre sí, algunos pensaron que debía existir una gigantesca formación montañosa, isla, o roca, situada por lo general en los mares del norte, hacia la cual se sintiese atraída la aguja, del mismo modo que un objeto metálico es atraído hacia un imán que se halle en sus proximidades. Por tanto, dicho accidente geográfico sería el responsable último de la orientación regular hacia el norte que observan las agujas magnéticas. En la literatura geográfica, la primera referencia clara nos las da el cosmógrafo Claudio Ptolomeo, quien nos proporciona una localización bien definida de unas islas de estas características:

«Se dice que aquí hay otras islas colindantes [en la India, más allá del Ganges], diez en número, llamadas Maniolas, desde las que dicen que los navíos en los que hay clavos se alejan, no sea que en cualquier momento la roca magnética que se encuentra cerca de estas islas les lleve a la destrucción»¹¹¹.

Encontramos igualmente referencias a algo similar en el folklore árabe, tal como se deduce del siguiente pasaje extraído de *Las mil y una noches*:

«Mañana llegaremos al monte de la piedra negra llamada piedra magnética, pues las aguas nos llevan, a la fuerza, en esa dirección. El buque se desintegrará, pues todos sus clavos serán atraídos hacia el monte y se adherirán a él [...]. Desde lo más antiguo del tiempo han naufragado aquí numerosos buques, siempre por causa de dicho monte»¹¹².

Pese a lo remoto de su origen, esta hipótesis gozó de enorme popularidad en los siglos XV y XVI. Sin embargo, la isla, roca o montaña, se tendía a situar, usualmente, en latitudes septentrionales, si bien su posible ubicación era con mucho más flexible que las instancias celestes de referencia mencionadas anteriormente. En los versos de Petrarca, por

¹¹⁰ *Op. cit.*, p. 40.

¹¹¹ *GH VII. 2.* Se cree que las islas en cuestión pueden referirse a Borneo y alrededores. La fuente original: *Undécima Asiae Tabula, Latin transl, Jacobus Angelus.*, y parece ser una variante más de la leyenda del pastor Magnes, referida por Plinio, quien las situaba en la región del Indus.

¹¹² *Las mil y una noches.* Barcelona: Planeta, 1970, pp 107-108.

ejemplo, se situaba la formación magnética conforme a la opinión de Ptolomeo:

«Una piedra se cita
que, en el índico mar, de tal manera
atrae al hierro, que de la madera
lo arranca y echa a pique el bastimento»¹¹³.

No obstante, encontramos en Gérard Mercator a uno de los célebres autores que defendieron una variante de esta hipótesis, consistente en situar el polo norte magnético sobre la tierra y un polo norte geográfico en el cielo, precisamente sobre el eje de rotación del mundo. En su esfera de 1541, por ejemplo, situaba esta roca magnética al norte de *Granduicus sinus* (¿Liberia?). En la misiva enviada a su patrón Perrenot, Mercator intentó determinar de un modo preciso las coordenadas de su emplazamiento¹¹⁴. Pero, no satisfecho con esto, situó en su mapa de 1569, el que contiene la proyección que lleva su nombre, dos rocas que sobresalen en el mar, al norte de Siberia oriental, aproximadamente en torno a 73 ½ - 74° N, sobre el meridiano que pasa por San Miguel y Corvo, una línea agónica erigida como primer meridiano de referencia en el centro del mapa.

En síntesis, las diferentes hipótesis geomagnéticas presentadas hasta este momento, pese a sus diferencias, comparten dos rasgos fundamentales: en primer lugar, que todas ellas hunden sus raíces en la tradición clásica o, al menos, presentan indicios de un origen clásico; y, en segundo lugar, que fueron defendidas y desarrolladas por individuos con escasa o nula experiencia en la navegación de largas distancias. Los navegantes, por su parte, se aproximarían al fenómeno desde otra perspectiva mediante la cual, en líneas generales, no se buscaba tanto hallar el verdadero origen del movimiento de las agujas, cuando registrar su movimiento a modo de notarios. Por ello, desde el intervalo que se da entre 1269, fecha de la *Epístola* de Peregrinus hasta la aparición del *De Magnete* en 1600, los principales centros de interés serán eminentemente prácticos, asociados al problema de la longitud. En particular, este interés viene de la mano del reconocimiento de dos propiedades de la aguja magnética, observables únicamente cuando se acepta la inclusión de la brújula como parte integrante de una misma red, y se le concede una credibilidad y una autoridad indiscutibles, hasta el punto de reconocérsele, por fin, una voz propia.

¹¹³ Petrarca, *Cancionero*, “Primera parte: en vida de Laura”, CXXXV. Claro que el autor no estaba tan interesado en cuestiones como geografía y navegación cuanto en sus cuitas amorosas: «la piedra que ha atraído / carne y no hierro. ¡Oh suerte traicionera: / que, siendo carne, arrástrame a la riba /aquella viva piedra calamita!».

¹¹⁴ Mercator, “De ratione magnetis circa navigationem” (cit. por Hellman [1898] 1969, pp. 67-68).

3. *La declinación de la aguja magnética.*

Descubierta la polaridad, en los siglos siguientes cabría la posibilidad de familiarizarse con la declinación magnética, gracias a la observación cuidadosa del comportamiento de las brújulas. A principios del siglo XV se conocía la existencia de un tercer movimiento magnético, fenómeno que en parte podría explicar las dificultades en la navegación, pese a contar con el auxilio de la brújula. El caso es que la aguja magnética no parecía apuntar estrictamente hacia el norte, sino a otra dirección bastante próxima a ella:

«Nordestear y noruestear las agujas no es otra cosa sino lo q ellas se apartan del meridiano en que estan: el q ellas no muestran precisamente sino quando puntualmente demandan el polo: y este segu los mareantes solamente le demandan precisamente queado estan en el meridiano de las yslas ð los açores; y las mas precisas le demandan en el de la del cueruo según esperiencia de algunos: porq por la diuersidad de los aceros y de las piedras de ceuar no demandan todas el polo de vn meridiano; ante vnas en vno mas orietal y otras en otro mas occidental; aun que la diferencia es poca. E assi mismo vnas nordestean mas que otras; y lo mismo noruestean; y en esto como en todo lo emas con lo q adelante se dira se pueden conformar todas las agujas; porque se conocera la cantidad del yerro de todas en todo lugar»¹¹⁵.

La primera evidencia viene de la mano de los instrumentos empleados, cuyos fabricantes tenían en cuenta estas desviaciones locales para compensarlas; el procedimiento habitual consistía en ensamblar la brújula sobre una carta graduada, con su eje desplazado ligeramente, de modo tal que registrase un ángulo en dirección contraria a la desviación observada.

«Costumbre tienen algunos que hazen agujas de navegar que, al tiempo que asientanlos azeros en la rosa de los vientos, no ponen precisamente la flor de la rosa sobre las puntas de los azeros que están cevadas con la piedra ymán, mas desvían los de la flor media quarta a la parte del Nordeste y esto dizen que lo hazen para dar resguardo a lo que las agujas norestea, así que el aguja queda fecha de tal arte que los azeros y la flor no son uniformes en el señalar el Norte, mas la flor lo señala a una parte y los azeros lo señalan a otra»¹¹⁶.

De hecho, bastante avanzado el siglo XV, se asumía que las brújulas construidas en diferentes lugares no coincidían, por lo que las diferentes *correcciones* ensayadas únicamente tenían una aplicación local. Sin embargo, un fenómeno bastante relacionado

¹¹⁵ Falero 1525, cap. 8 (cit. por Hellman [1898] 1969, p. 42).

¹¹⁶ De Medina 1545, fol. 84v.

con éste había surgido con cierta antelación, si bien únicamente se detectó con el inicio de los viajes transoceánicos. En particular, nos referimos a la variación de la desviación respecto del meridiano a medida que variaba la posición sobre la superficie terrestre. El crédito le corresponde al Almirante Cristóbal Colón, y es el 13 de septiembre de 1492 la fecha, en la que, oficialmente, se registra el cambio de sentido observado en las agujas:

«Aquel día con su noche, yendo a su vía, que era el Güeste, anduvieron XXXIII leguas, y contava tres o cuatro menos. Las corrientes le eran contrarias. En este día, al comienzo de la noche, las agujas noruesteaban y a la mañana nordesteaban algún tanto»¹¹⁷.

Aunque los marineros estaban relativamente familiarizados con la discrepancia desde hacía tiempo, lo que resultaba sorprendente era el súbito cambio de orientación de las agujas al aproximarse a cierto punto¹¹⁸. En un primer momento, incluso un navegante tan experimentado como Pedro de Medina no reconocía la existencia de la declinación magnética como fenómeno con carta de naturaleza ontológica:

«Sobre esto yo he procurado buscar alguna auctoridad o razón o alguna cosa en que esto tenga fundamento y digo que d'esta variación que del aguja se dize no hallo cosa escripta, ni razón, ni experiencia que cierta sea»¹¹⁹.

La declinación magnética, en opinión de Pedro de Medina, no era más que uno de tantos errores que se percibían en el funcionamiento de los compases náuticos, como consecuencia de las deficiencias observadas en la construcción de los mismos, así como de la escasa calidad y la torpe disposición de los componentes empleados. Incluso aunque se cuidaran al máximo estos elementos, cabía siempre la posibilidad de una cierta negligencia en el proceso de magnetización y tratamiento de las agujas. Sin embargo, una afirmación semejante difícilmente resultaba verosímil a estas alturas. De hecho, el propio Medina, en una obra posterior, reconocía la existencia de la declinación magnética, que pasaba a considerarse como una de esas «tres cosas que en la navegación ay, las cuales, aunque se veen los efectos, no se saben sus causas» (De Medina 1563, I. IV, III, fol. 47v).

¹¹⁷ Colón 2000, pp. 46- 47.

¹¹⁸ Colón atribuyó la causa de este extraño comportamiento al movimiento de la estrella polar. Según la entrada fechada el 17 de septiembre, «[t]omaron los pilotos el Norte, marcándolo, y hallaron que las agujas noruesteaban una gran cuarta, y temían los marineros [...] Cognosciólo el Almirante, mandó que tornasen a marcar el Norte en amaneciendo, y hallaron qu'estaban buenas las agujas. La causa fue porque la estrella que parece haze movimiento y no las agujas» (*op. cit.*, p. 48). En esta explicación se reiteró poco después, concretamente el 30 de septiembre: «También en anocheciendo las agujas noruestean una cuarta y en amaneciendo están con la estrella justo, por lo qual parece que la estrella haze movimiento como las otras estrellas, y las agujas piden siempre la verdad» (*op. cit.*, pp. 53-54).

¹¹⁹ De Medina 1545, Libro IV, cap. 3, fol. 82r.

Quien sí intentó dar cuenta del fenómeno desde un principio fue Martín Cortés, quien postulaba un punto *atractivo* más allá de la última de las esferas:

«Muchas y diversas son las opiniones que he oído y, en algunos modernos escritores, leído acerca del nordestear y noruestear de las agujas y, a mi parecer, ninguno da en el fiel y pocos en el blanco [...] este punto [atractivo] no está en los cielos movibles ni tampoco está en el polo, porque si en él estuviese el aguja no nordestearía ni noruestaría [...]»¹²⁰.

Como cabía esperar, las premisas teóricas de los avezados navegantes españoles no aportan nada significativo a la discusión sobre el origen y la fuente de las propiedades magnéticas, puesto que se ciñen a divulgar las doctrinas que, bien por el reconocimiento y la autoridad de sus defensores, bien por las contingencia derivada de su instauración como *tradicción*, contaban con mayor popularidad. Pedro de Medina, por ejemplo, se apoyaba en Plinio para explicar los fenómenos de atracción y repulsión, aunque rescataba de Avicena la afirmación de que, pese a no identificar del todo la fuente que emana la *virtus* magnética, ésta debía de ser «de suprema y plenísima influencia» (De Medina 1563, I. IV, III, fol. 47v). Martín Cortés, casi por inercia, aludía igualmente a Plinio en lo referente a la *invención* de la piedra imán por obra y gracia del simpático Magnes (Cortés 1551, III, p. 228), mientras que la justificación de las propiedades eran tomadas en préstamo del Cardenal de Cusa. Desde nuestro punto de vista, ésta era una cuestión secundaria pues, al margen del compromiso teórico asumido, lo que se consideraba fundamental en un manual de navegación de estas características era precisamente su utilidad práctica. Justamente por ello, lo realmente prioritario no sería tanto encontrar una causa primera verdadera cuanto

« [...] que los sabios y experimentados pilotos hiciesen notas de los resguardos del nordestear y noruestear que hay de puerto y hecha compilación de estas notas llevarla por regimiento en los navíos»¹²¹.

4. La inclinación magnética.

El descubrimiento, por así decir, de la inclinación de la aguja magnética por debajo del plano de la horizontal fue, en comparación con la declinación, relativamente tardío. La primera referencia la encontramos de la mano del vicario alemán Georg Hartmann, en una carta dirigida al Duque Alberto de Prusia, fechada el 4 de marzo de 1544:

¹²⁰ Cortés 1551, cap. V, p. 234.

¹²¹ *Op. cit.*, cap. V, p. 238.

«Además, también encuentro esto en el imán, que no sólo vuelve del norte y se desvía hacia el este aproximadamente nueve grados, más o menos, como he relatado, sino que apunta hacia abajo [...] casi nueve grados, más o menos. Yo no soy capaz de indicar a Su Majestad la razón por la que esto sucede»¹²².

No obstante, se suele atribuir el descubrimiento de esta propiedad al inglés Robert Norman, que por aquel entonces era un marinero retirado que se dedicaba a la fabricación de brújulas. Este hecho tuvo lugar, según parece, en torno a 1576, si bien lo dio a conocer públicamente algunos años después¹²³, como consecuencia del malestar que le generaba el estropear las agujas al cortarlas demasiado para evitar que hicieran de contrapeso:

«Tras haber hecho muchos compases [náuticos] diferentes, y terminarlos antes de que tocaran la aguja, continuamente encontraba que, después de tocar los hierros con la Piedra, enseguida el extremo norte se inclinaba por debajo del Horizonte en alguna cantidad [...]»¹²⁴.

En principio, tales experiencias constituían una *anomalía* algo incómoda de resolver experimentalmente, puesto que el autor continuamente se afanaba en contrarrestar la brújula añadiéndole alguna pieza pequeña de hierro en su extremo Sur. Como explicación teórica para semejante *anomalía* práctica, Norman introdujo el concepto de *punto respectivo*, que no *atractivo*, como defendió en su momento Martín Cortés, en la medida en que existía «un cierto punto que la aguja siempre respetaba o mostraba, que era vacío y sin propiedad Atractiva» (NA VI, pp. 12 – 13), si bien únicamente funcionaba como mero indicativo de un fenómeno direccional al que está sujeto todo imán. Los polos de cualquier imán, por tanto, son meros puntos que *respetan* la dirección Norte-Sur, pero no por ello son atraídos por los respectivos polos. La relevancia teórica de este descubrimiento estriba en que, como consecuencia de este movimiento-hacia-abajo, «se demuestra también que el Punto Respectivo se halla en la tierra y no en los Cielos, como algunos han imaginado» (*op. cit.*, p. 15). En otras palabras, Norman certificaba que el origen de la emanación magnética cabía encontrarlo en el interior de la propia Tierra, descartando así cualquier otra instancia ajena a la misma.

En líneas generales, puede resumirse el estado de la cuestión del magnetismo hasta

¹²² Cit. por Hellman [1898] 1969, p.65. Sin embargo, al publicarse por primera vez en 1831, es poco probable que fuese lo suficientemente conocida hasta bien entrado el siglo XIX (Roller 1959, p. 47).

¹²³ Con ocasión de su *The Newe Attractiue* (London, 1581). En adelante, NA, seguido del capítulo y número de página.

¹²⁴ NA III, p. 8.

1600 del siguiente modo, aludiendo a sus antecedentes directos: por una parte, se conoce que el imán atrae al hierro, producto de una *simpatía* entre ambos; por otro lado, se observa que la aguja magnética tiende a apuntar hacia el norte, lo que evidencia una *simpatía* entre ella y el polo o la estrella polar. En el siglo XIII se conoce, además, que la aguja magnética también apunta hacia el imán, y que una piedra imán con cierta libertad de movimientos era capaz de orientarse. De este modo, una teoría general estaba llamada a establecer una suerte de correlación, llámese *simpatía*, entre la magnetita, un hierro magnetizado, y el norte, bien fuese magnético o geográfico, incluyendo los casos en los que éstos no coincidían estrictamente. En consecuencia, las propiedades de atracción y orientación no sólo se subsumían bajo una misma doctrina general, operando por lo general un reduccionismo de la segunda a la primera, sino que se habían integrado dentro de un esquema conceptual basado en conceptos como *simpatía* y *antipatía* (Roller 1959, p. 37). Una vez registradas las transformaciones que, en el ámbito teórico, propició el uso de la brújula, nos faltaría ver qué repercusiones tuvo para el problema práctico de la orientación y de la representación del espacio, que detallaremos a continuación.

III (bis). Repercusiones para el problema de la posición.

1. En el modo de representar gráficamente en el espacio: los portulanos.

La brújula, beneficiosa para la estimación de la dirección, había creado la necesidad de un nuevo sistema de referencia posicional que pudiese servir como un control independiente (McCready 2001a, p. 148). Su aparición, así como la estandarización de su uso, trajo consigo la aparición de una manera de representar gráficamente el territorio que suponía una ruptura con la tradición en la medida en que se basaba, fundamentalmente, en la observación directa por medio de dicho instrumento. El siglo XIV anticipó una cierta revolución por cuanto surgieron las primeras cartas náuticas basadas en la lectura directa de las brújulas o compases náuticos, junto con la delineación precisa de las líneas costeras que eran familiares por entonces. Es más, la aparición de la rosa de los vientos, en torno a 1250, resultó decisiva en la evolución de la carta portulana.

Los portulanos son típicos de los siglos XIV y XV, y se trazaban, por lo general, en una sola piel de pergamino. El origen de los mismos puede situarse en torno a 1250 ó 1275 (Crone [1953] 2000, p. 42). Se trata, sobre todo, de mapas con propósitos prácticos, y los que se conservan actualmente indican que eran obra de cartógrafos italianos y catalanes, como el mapa de Pedro Vesconte (ca. 1318), o la carta de Angelico Dalorto (ca. 1325). El ejemplar más antiguo que se conserva es la *Carta Pisana*, datada en torno a 1311, y abarca desde el Mar Negro hasta el sur de Inglaterra. En ella, dos series de líneas irradian desde unos centros próximos a Esmirna y al oeste de Cerdeña. En líneas generales, los portulanos constituyen variaciones sobre un mismo tema. Todas estas cartas tienen escalas, con las divisiones principales subdivididas, a su vez, en quintos por puntos. Las distancias se calculaban en función de la experiencia de los viajes por el Mar Negro, con una parte de las costas atlánticas de Europa. El sistema de líneas que empleaba, usualmente, era de 16 ó 32, en correspondencia con los vientos. En ejemplares posteriores, estas líneas arrancan desde las diferentes rosas de los vientos diseminadas, pues su objeto no era otro que representar las líneas a seguir para mantener los rumbos. Como norma general, pese a que había una cierta coherencia en el estilo, las ilustraciones se iban complicando paulatinamente.

La *escuela catalana* abanderó los progresos cartográficos en el siglo XIV, y bebían de tres fuentes principales: en primer lugar, de los mapamundis circulares medievales, en los que Jerusalén ocupaba una posición casi central; en segundo lugar, de la carta portulana estándar, con su delineación de los perfiles del Mar Negro, del Mediterráneo, y de las costas de Europa occidental; y, finalmente, de los relatos de los viajeros de los siglos XIII y XIV. El más conocido, y que ha devenido en paradigmático, es el mapa de Abraham Cresques, de 1375. En él aparece la cara náutica completa, formando parte del sistema de líneas radiantes. El área comprendida se trata como una superficie plana, obviándose así la esfericidad de la tierra y la convergencia de los meridianos. Dado que el área que cubre no es relativamente muy amplia, las líneas de rumbo se aproximan a las *loxodromías*, es decir, a unas líneas de orientación constante. La finalidad de este complicado sistema no era otra que la de poder determinar fácilmente un derrotero mediante una enorme cantidad de puntos de referencia distribuidos a lo largo y ancho de toda la carta.

Aún así, ninguna de ellas estaba contenida en red alguna de meridianos y paralelos.

Sin embargo, ello no les resta mérito alguno, puesto que, derivado de ese esfuerzo por nutrirse de las mejores fuentes disponibles para modificar la imagen del mundo sin ir más allá de lo que estaba probado, los cartógrafos eliminaron del mapa la mayor parte de las fábulas aceptadas durante siglos. Este *realismo crítico* posibilitó una ruptura con la tradición, aunque represente, en la práctica, una solución de compromiso entre el antiguo formato ptolemaico y el nuevo conocimiento cartográfico.

2. En el modo de afrontar el problema de la longitud: la búsqueda de un indicador natural terrestre.

Para la mentalidad occidental, un acontecimiento que marcó un punto de inflexión fue el encuentro de Colón con lo que se conoce como América¹²⁵ y consiguiente disputa entre españoles y portugueses por los derechos de conquista sobre los territorios. A raíz de ello, entendemos que se inaugura una nueva etapa en la historia del problema de la búsqueda del *punto fijo*. Frente a una fase anterior, el interés no es fundamentalmente académico, sino marcadamente político, puesto que existe un interés impulsado desde los monarcas para llegar a una solución satisfactoria y definitiva del problema. En el caso que nos ocupa, los derechos de conquista de los nuevos territorios reclamados por las dos potencias ibéricas forzaron la necesidad de una *Línea de Demarcación*. Como es bien sabido, ésta conoció una primera definición mediante la Segunda Bula “Inter caetera” concedida por el Papa Alejandro VI, el 4 de mayo de 1593, en la que la Corona de Castilla se vio enormemente favorecida en el reparto, al establecer una primera línea «[...] la cual línea diste de las islas que vulgarmente llaman Azores y Cabo Verde cien leguas hacia el Occidente y mediodía [...]»¹²⁶. Los portugueses, como es lógico, no quedaron nada satisfechos con esta decisión, que distaba mucho de ser salomónica. Sus protestas tuvieron

¹²⁵ Lo que la historiografía tradicional considera como *descubrimiento*, prefiero denominarlo bajo otra categoría, la de *encuentro*. Desde mi punto de vista, esta nueva categoría no supone un exacerbado compromiso político, moral o ideológico. La primera vez que se representaron estas tierras fue en el mapa de Waldsemüller de 1507, quien había pensado que el verdadero descubridor fue Amerigo Vespucci. A él le concedemos el crédito de ser, no obstante, el primero en reconocer que las tierras encontradas eran continentales, y no unas islas del lejano oriente. El 7 de agosto de 1501 escribía: «Allí conocimos que aquella tierra no era isla sino continente, porque se extiende en larguísimas playas que no la circundan y de infinitos habitantes estaba repleta» [Vespucci 1986, p. 91]. Su *Novus Mundus* (ca. 1503) refutaba dos hipótesis que la tradición había consagrado: en primer lugar, la hipótesis del océano circundante; y, seguidamente, la inhospitalidad atribuida a la llamada zona *tórrida* y, por ende, la teoría de los *klimata*.

¹²⁶ “Bula Inter Cetera Segunda, de Alejandro VI a los Reyes Católicos”, en Pérez de Tudela (dir.) 1994, p. 305.

reflejo al año siguiente cuando, a instancias del mismo Sumo Pontífice, se firmaría, el 7 de junio de 1494, en la vallisoletana ciudad de Tordesillas, el tratado que lleva su nombre, por medio del cual el Papa expresaba su voluntad de reconsiderar su anterior dictamen, y situar dicha línea, esta vez, «a trescientas setenta leguas de las islas de Cabo Verde»¹²⁷.

Un primer problema consistía en el desacuerdo existente en torno a la determinación precisa de la medida de una legua. También era motivo de controversia la decisión sobre si las distancias debían medirse siguiendo el paralelo de Cabo Verde, o bien siguiendo la línea equinoccial. Un tercer género de dificultades se generaba como consecuencia de la picaresca entre ambos países, en lo tocante a la elección de isla sobre la que iniciar la cuenta: los portugueses preferían Santo Antao, la más occidental de las mismas, mientras que los españoles realizaban la cuenta desde Boa Vista, que se halla a 150 millas más al este. Aun resueltas estas cuestiones, existía un problema de fondo, que era el de la propia determinación de la longitud: ¿cómo establecer con meridiana certeza el punto exacto, máxime tratándose de establecer dichos registros en un navío en perpetuo movimiento?

La cuestión se pretendía resolver mediante el envío de expedicionarios españoles y portugueses, y en esta disputa los argumentos geomagnéticos jugaron un papel destacado, en especial ante las insuficiencias de los métodos que habían sido empleados anteriormente. Para hacernos una idea del grado de incertidumbre en el que se movían, cabe tener en cuenta que las distancias se calculaban, por lo general, a la estima. Con la pérdida de referentes en tierra, éstas se estimaban en función de los días de navegación entre un puerto y el siguiente. La experiencia acumulada, por tanto, era de gran ayuda para empresas subsiguientes. Por ello resultaba de vital importancia mantener un exhaustivo registro del curso y de la posición, así como estar atento a cualquier señal o referencia, bien fuera terrestre o celeste, que pudiese aportar cualquier tipo de información relevante.

2.1. La determinación astronómica de la latitud.

Para viajes costeros de reducido ámbito, se empleaban por lo general las cartas planas, de proyección rectangular u ortogonal, tal y como recomendaba Ptolomeo para la

¹²⁷ “Tratado de Concordia, llamado de Tordesillas, entre Castilla y Portugal, para la Demarcación de sus exploraciones y conquistas en el Océano”, en *op. cit.*, p. 586.

cartografía regional, en la que, a diferencia de las proyecciones empleadas en sus *mappaemundi*, los grados de latitud y longitud eran idénticos en cuanto a su tamaño, y los meridianos se trazaban equidistantes unos de otros, en vez de hacerlos converger en (alguno de) los polos. Desde este punto de vista, la asunción de una Tierra plana seguía teniendo un cierto rendimiento tecnológico, dado que, a efectos prácticos, no suponía conflicto epistémico alguno. Sin embargo, la cosa cambiaba en los viajes transoceánicos, en los que las antiguas cartas planas se mostraban inadecuadas, puesto que las líneas seguidas durante el rumbo no se correspondían en absoluto con las líneas rectas proyectadas en las caras sobre largos intervalos. Más aún, una línea recta trazada en un mapa se traducía, en la práctica, en una trayectoria en espiral.

La salida al Océano Atlántico impuso otras normas, aconsejando, en un primer momento, seguir las grandes autovías marítimas marcadas por la dirección de los paralelos. Para ello, el escrutinio de la latitud cobró una importancia fundamental. Bajo el mandato de Enrique el Navegante, los portugueses introducen un nuevo concepto en la navegación: el uso de la astronomía para complementar los clásicos métodos del compás, la corredera y la estimación de la velocidad del barco. Desarrollan para tal fin nuevos métodos para encontrar la latitud mediante la observación de la Estrella Polar o, en su defecto, del Sol¹²⁸. Para ello, los instrumentos cuyo uso astronómico se había consolidado se fueron adaptando para su uso a bordo, con el fin de medir la altura aparente de los cuerpos celestes sobre el horizonte.

El primero de ellos fue la *ballestilla*, cuya primera descripción conocida se debe al hebreo Levi ben Gerson alrededor de 1330. Dicho instrumento consiste en una cruz transversal, generalmente de madera, cuya pieza menor, conocida como *sonaja*, se desliza sobre la pieza mayor. El observador va moviéndola hasta que sus extremos ocultan los

¹²⁸ El método basado en el cálculo de la estrella polar se mostraba especialmente útil en el hemisferio norte. Calculada su altura con un instrumento de medición angular, tendríamos una estimación bastante fiable de la latitud del lugar, siguiendo una regla más o menos sencilla: vista desde el Polo Norte, Polaris aparece en el cénit; si nos encontramos en el ecuador, se percibe en la línea del horizonte. Para el hemisferio sur, la única estrella que podría cumplir una función similar, aunque su magnitud no es la misma, sería Sigma del Octante, si bien la Cruz del Sur fue bastante más popular. No obstante, los marineros que atravesaron por vez primera la línea equinoccial encontraron un sustituto bastante digno en el Sol, si bien su movimiento experimenta ciertas variaciones anuales. En este caso, la latitud se calcularía restando de un valor inicial de 90, la altura aparente del Sol, añadiéndole la declinación esperada del Sol para ese día en concreto. A pesar de su *universalidad* y constante presencia, apelar al Sol presentaba una serie de inconvenientes: en primer lugar, el conocimiento preciso del mediodía local, momento en el que sol alcanza la mayor altura sobre el horizonte; aun conociéndolo, se precisa disponer de una tabla de declinaciones solares.

objetos cuyo ángulo quiere medir. Otra posibilidad es apuntar el eje central, la *flecha*, hacia el horizonte, y ajustar la *sonaja* hasta ocultar dichos objetos. Sobre la flecha va marcada una escala que se expresa en grados¹²⁹. Fácil de transportar y económica, su simplicidad sugiere que pudo haber precedido al astrolabio como un instrumento para medir ángulos. Por ello puede decirse que no perteneciese especialmente a nadie en concreto, aunque era empleado por todos.

El *astrolabio* marino es una adaptación del astrolabio diseñado para uso astronómico por Ptolomeo (*SM* V. 1), aunque es más ligero y portátil. Consta de un círculo graduado, generalmente de latón, provisto de una alidada o guía móvil con la que se apuntaba al astro cuya altura se quería medir. La parte fija del mismo dirige la pínula, o punto de mira, hacia el horizonte. Debido a su tamaño, era poco recomendable para la observación astronómica.

Un defecto común al astrolabio y la ballestilla consistía en que, al realizar observaciones solares, se debía mirar directamente hacia el Sol, con lo que, al margen de correr el riesgo de perder la vista, los errores en la medición constituían más la norma que la excepción. En virtud de ello, se ideó el *nocturlabio*, cuya invención se atribuye a Ramón Llull. Este astrolabio nocturno permitía realizar en una operación las correcciones necesarias para estimar la hora nocturna y la posición de Polaris respecto al polo celeste. Otra opción consistía en ir adaptando ciertas partes del astrolabio, y desarrollarlas como instrumentos autosuficientes, caso del *cuadrante*, el *sexante* y el *octante*. El primero llegó a ser bastante popular en tiempos de Colón, y se requería utilizar como alidada fija uno de los lados rectos del instrumento, ayudado por dos pequeños agujeros en los extremos para ajustar el punto de mira, mientras que la plomada medía directamente el ángulo de inclinación.

2.2. La búsqueda de una solución científica al problema de la longitud.

Puesto que la latitud se podía resolver por la vía científico-técnica, en principio cabía esperar lo mismo de la longitud. Es más, en teoría resultaba, *prima facie*, de una

¹²⁹ Con el fin de obtener mediciones más precisas, Levi tuvo en cuenta también la excentricidad del ojo.

relativa sencillez: puesto que en sus orígenes se había intuido una estrecha relación entre las variables *espacio* y *tiempo*, lo más adecuado sería encontrar la manera de comparar la hora local con un estándar de tiempo, puesto que las diferencias temporales permanecen aparentemente constante. El método más lógico consistía en llevar consigo algún reloj lo suficientemente preciso como para salvaguardar la hora local del punto de partida durante el viaje. Una vez llegado al punto de destino bastaría con cotejar la hora local, calculada por vía astronómica, y posteriormente traducir esa diferencia temporal en grados de longitud mediante una sencilla operación que asimilaba un grado de longitud a 15 minutos de tiempo. Pero este método, tan sencillo en la teoría, contó con enormes dificultades en la práctica, y las diferentes alternativas ensayadas han marcado el desarrollo de disciplinas muy heterogéneas entre sí.

Como una primera aproximación al problema, sugerimos ver en el fresco *La Escuela de Atenas*, de Raffaello, una metáfora de las soluciones históricas al problema de la longitud. Los personajes centrales, Platón y Aristóteles, encarnarían, desde nuestro punto de vista, las soluciones *científicas* del problema: Platón mira a los cielos, del mismo modo que muchas de las propuestas tomaban un suceso astronómico como fenómeno de referencia para establecer los cálculos. Aristóteles, por su parte, apunta hacia la tierra, como defendiendo que, mediante el estudio de su campo magnético, puede encontrarse la clave de la solución a semejante problema¹³⁰. En el contexto de la Europa occidental, alrededor de un centenar de propuestas escritas por expertos, o simplemente lanzadas a la esfera pública, se basaron en el geomagnetismo (Jonkers 2003, p. 31). Varios son los motivos que podrían dar cuenta de la heurística de la investigación en este ámbito: por un lado, la mejora de la práctica de la navegación; en segundo lugar, la satisfacción del *deseo natural de saber*, por cuanto suponía un punto de encuentro de disciplinas como el magnetismo, la geología, la astronomía y la cosmología. Pero también influía la conquista de la fortuna y la gloria, vinculadas, como es de suponer, a la resolución del espinoso problema de la longitud¹³¹.

¹³⁰ En torno a ellos, una constelación de propuestas más o menos exóticas, más o menos extravagantes, complementan esta primera aproximación al problema.

¹³¹ Debido a ello, numerosos planteamientos magnéticos con vistas a resolver el problema de la longitud se presentaron a las diferentes cortes europeas durante los siglos XVI y XVII. Sus proponentes se animaron con la proliferación de recompensas ofrecidas por Felipe II en 1567; por Felipe III, en 1598; y por los Estados Generales de Holanda, en 1600.

Las hipótesis geomagnéticas suponen, de alguna manera, una cierta regularidad en la distribución de las líneas de campo, que permitirían que una coordenada magnética observada fácilmente sustituyera un cálculo impreciso realizado a la estima. Se requería, por el contrario, un cierto conocimiento del campo magnético terrestre, así como multitud de mediciones de los diferentes grados de declinación de la aguja magnética. A medida que los expertos portugueses colaboraban en acumular los puntos de variación-cero, se encontraron apuntando al meridiano de longitud que transcurre por las inmediaciones de la isla de Corvo, en las Azores. Aún más, la variación parecía decrecer en una relación lineal según se aproximaban al meridiano desde cualquiera de ambos lados. En un primer momento se postuló una correlación del índice de declinación de la aguja magnética y la longitud, tomada en referencia a una presunta línea agónica, de variación-cero. La idea de un meridiano verdadero de *variación cero* fue adelantada por Joao de Lisboa y Pedro Anes en 1508, publicada por el propio de Lisboa algunos años más tarde¹³². Básicamente, de Lisboa postulaba que el meridiano de las Azores era parte de un gran círculo que transcurría en el lado opuesto por el Pacífico. Según nos aproximásemos 90° al este o al oeste de las Azores, de Lisboa predecía que la variación alcanzaría un nivel máximo de 45° y, a partir de ese momento, decrecería.

Las longitudes magnéticas prometían ser revolucionarias para la navegación en caso de resultar un programa de investigación exitoso, pero éste dependía de mediciones cada vez más precisas. Con ello, la declinación magnética, por su parte, había sido categorizada y reconocida como un movimiento magnético como tal, lejos ya de su modesta condición larvaria de *anomalía* práctica. Era una propiedad manifiesta y propia de un *actante* en toda regla y, gracias a ello, había dado comienzo el sueño de una solución magnética al problema de la longitud. Por vez primera aparecían manuales que describían cómo medirla, forjándose asimismo una sólida alianza entre navegantes y matemáticos. La acumulación de diferentes registros para los mismos lugares, y la existencia de valores que entraban en conflicto con las predicciones, incrementaron la necesidad de nuevos reconocimientos sistemáticos precisos o, lo que es lo mismo, de mayor inversión de recursos. Las diferentes mediciones realizadas reflejaban un índice de variación-cero en torno a las Azores, y condujeron a la creencia de que semejante línea *agónica* había sido encontrada y, por extensión, un indicador natural de un meridiano sobre el que realizar los

¹³² De Lisboa, *Tratado da agulha de marear* (Lisboa, 1514).

cálculos para establecer la posición. La combinación del *nordestear* de la aguja percibido en Europa occidental, y el *noruestear* de la misma en la costa Este de América condujo a la conclusión de que el dipolo estaba situado a 180° E respecto al meridiano de las Azores.

Sin embargo, el concepto de un meridiano verdadero en torno a las Azores no tardó mucho en desmoronarse. A medida que navegaban desde Lisboa siguiendo dicho meridiano, Joao de Castro se encontró con bastantes discrepancias en los valores, hasta alcanzar la nada despreciable cifra de 6° E. Al rodear el Cabo de las Agujas se confirmaba que la variación cambiaba rápidamente de Este a Oeste, pero no hubo variación-cero hasta que llegó a Natal. Desconcertado por los resultados, chequeó su flamante «estrumento» con tres de las mejores brújulas de sus pilotos, y encontró que éstas diferían. El primer pensamiento de de Castro fue achacar tal eventualidad a la *corrección* aplicada por sus fabricantes; al abrirlas, comprobó que habían sido ajustadas hacia el meridiano *verdadero*. Ante la posibilidad de que el comportamiento de las mismas hubiese sido modificado por causas externas, de Castro optó por magnetizarlas nuevamente con la misma piedra magnética, pero eso tampoco fue de gran ayuda. Los resultados de de Castro se copiaron en numerosos *roteiros*. Aunque se intentaban guardar celosamente, a menudo estos valores entraban en conflicto, no sólo porque estaban obtenidos por aproximación, sino también porque se tomaban en diferentes momentos. El caso es que tales contingencias cuestionaron seriamente la pericia de los navegantes ibéricos, así como las esperanzas para una solución magnética al problema de la longitud.

A pesar de todo ello, y aún estando tan próximo a Gilbert en lo cronológico, el *mago natural* Giambattista della Porta se hacía eco de esta hipótesis como solución posible al problema de la longitud:

«Yo no omitiré que, entre los principales usos de la Piedra imán, con la ayuda de ella puede encontrarse la Longitud del mundo [...] Hace tiempo se observó por nuestros hombres, que la Aguja tocada con la Piedra imán, no siempre descansa sobre el Meridiano; sino que, a veces, declinará nueve grados desde él hacia el este. Ni mantendrá tampoco la misma posición en cualquier parte, sino que, en diversos lugares, tendrá diversas Declinaciones. Pero este error parece seguir este orden, que, cuanto más cercano esté del este, más declinará desde el Meridiano hacia el este. Y, cuando más cerca venga hacia el oeste, más declinará el extremo de la aguja hacia el oeste [...]. Además, muchos viajeros famosos informan de que, entre las Islas Afortunadas, unas se llaman las Azores, en las que la Aguja dispuesta sobre un Compás náutico descansa directamente sobre el Meridiano, sin variación

alguna [...] Por ello, asentándonos sobre estas premisas verdaderas, podríamos conocer fácilmente la Longitud del mundo»¹³³.

Aunque es cierto que della Porta no es el autor más representativo en esta cuestión, ni tampoco que hubiera sido un experto navegante, creemos que dicho autor nos proporciona un breve resumen del principio rector que guía la hipótesis de partida. Pero su relevancia se puede justificar sobre la base de dos argumentos diferenciados: en primer lugar, porque se trata de un autor ferozmente criticado por Gilbert en su *De Magnete*; y, en segundo lugar, porque, si tenemos en cuenta su filiación, entendemos que supone una muestra válida de la relevancia del problema para multitud de agentes sociales de variada procedencia. En paralelo a la motivación inicial de Aristóteles, la obra de Gilbert se concibe como una solución que se antoja definitiva para poner fin a este laberinto de confusión en el que confluyen diferentes tradiciones y modelos explicativos, producto de la afiliación profesional de cada uno de sus proponentes. En virtud de ello, Wright no dudaba en señalar, llevado quizás por un desmedido optimismo, que:

« [...] incluso aquellos que alguna vez han imaginado o admitido puntos atractivos o respectivos en el cielo o en la tierra, y aquellos que han imaginado rocas o montañas magnéticas, o polos, inmediatamente empezarán a titubear tan pronto como hayan leído detenidamente sus libros sobre el Imán, y aceptarán de buen grado su opinión»¹³⁴.

En cuanto al componente práctico, se mantiene por lo general la creencia en una relación directa entre la declinación magnética y la distancia este u oeste con respecto a un presunto primer meridiano. En este sentido, la obra del Dr. William Gilbert representaría un estadio superior en el intento de hallar una solución basada en el magnetismo terrestre para el cálculo de la longitud, propuesta que, a su vez, se halla fundamentada en un constructo teórico diferenciador con respecto al esgrimido por sus predecesores. Queda por conocer, entonces, cuál era la doctrina magnética propuesta por William Gilbert, secundada por su fiel amigo Edward Wright, quien le concedía el crédito al primero de ser su «maestro en esta filosofía magnética» (*DM*, p. iiiij^v).

¹³³ Porta [1589] 1959, pp. 208-209.

¹³⁴ Wright, “Ad Gravissimum Doctissimumque virum...”, en *DM*, p. iiiij^v.

CAPÍTULO IV: LA FILOSOFÍA MAGNÉTICA COMO RESPUESTA AL PRIMER PROBLEMA.

Este capítulo supone una nueva elipsis temporal. La figura de Gilbert se considera un nuevo nudo en el que se entrecruzan las problemáticas iniciales, si bien resulta impensable afrontarlas con independencia de la brújula. Es más, únicamente tienen sentido con ella y a partir de ella. Precisamente a causa de las nuevas asociaciones establecidas entre elementos humanos y no-humanos, la obra de Gilbert supone un *plus* cualitativo dentro de un continuo devenir de transformaciones, suponiendo una primera respuesta (R₁) al primero de los problemas considerados en este trabajo.

«The Loadstone is the Stone,
The only Stone alone,
Deseruying praise aboue the rest,
Whose vertues are unknowne».

[R. Norman, “The magnes or Lodestone challenge”].

1. Perfil biográfico de William Gilbert de Colchester (1544-1603).

Aunque pueda resultar paradójico, nos acercaremos a la trayectoria vital de William Gilbert a través de la lectura del epitafio de su tumba, erigida por sus hermanastros Ambrose y William Gilbert, jr., en la Iglesia de la Santísima Trinidad de Colchester, Essex, localidad en la que nació y fue enterrado. Dicho epitafio nos da una breve, aunque no por ello menos interesante, aproximación a la trayectoria vital de nuestro protagonista, a partir de la cual iremos desgranando los acontecimientos más relevantes de su dilatada trayectoria:

«Ambrose y William Gilberd han puesto esta tumba
En memoria de fraternal piedad
A William Gilberd senior¹³⁵, gentilhomme, y doctor en Medicina
El primogénito de Jerome Gilberd, gentilhomme,
Nacido en la ciudad de Colchester,
Estudió el arte de la Medicina en Cambridge,
Practicó la misma durante más de treinta años en Londres
Con notable éxito,
Por lo tanto, llamado a la Corte, fue recibido con los mayores honores,
Por la Reina Isabel,
A quien, y a su sucesor Jacobo, sirvió como médico principal.
Escribió un libro célebre entre los extranjeros acerca
Del imán, para la ciencia náutica.
Murió en el año 1603 de la Redención Humana, el último día de Noviembre.
En el 63º año de vida»¹³⁶.

¹³⁵ Sobre al apellido Gilberd, algunos biógrafos lo mantienen dado que, bajo esta forma, se encuentra la única firma existente de nuestro personaje (Gilberd y Penney 1971, p. 1, 1n). Además, es la forma utilizada tanto en su epitafio como en el de su padre, así como en los registros archivísticos de la villa de Colchester. No obstante, dicha diferenciación era inexistente en el siglo XVI y, por tanto, el hecho de mantenerla supondría, ante todo, un anacronismo (Roller 1959, p. 59). A lo largo de este trabajo emplearemos la versión más estándar del apellido, esto es, Gilbert, asumiendo que no afecta en lo más mínimo a la línea argumental del trabajo.

¹³⁶ La transcripción latina del epitafio aparece en Morant [1763] 1978, “Appendix nº XX”, p. 20. Una versión inglesa del mismo se halla en Suter 1952, p. 369, 1n; también puede leerse la misma traducción inglesa en Gilberd y Penney 1971, p. 8. De las últimas líneas se colige que William Gilbert de Colchester habría nacido en 1540, y así se ha reflejado en numerosos estudios historiográficos. Véase, por ejemplo, la semblanza biográfica que acompaña a la edición del *De Magnete* a cargo de P. Fleury Mottelay [1892] 1958. Sin embargo, el Prof. Silvanus P. Thompson, vicario de Gilbert a finales del siglo XIX y principios del XX,

William Gilbert era el mayor de los hijos de Jerome Gilbert, gentilhombre que desempeñaba el cargo políticamente más relevante que una villa como Colchester podía posiblemente ofrecer: era un registrador (*recorder*) que actuaba como juez a tiempo parcial, especializado en dirimir litigios que afectaban al registro de la propiedad. Jerome se había beneficiado de la sólida posición económica de su padre, un tejedor de Suffolk, de ahí su formación en materia jurídica. Por lo tanto, Gilbert nacería en el seno de una familia de clase media-alta.

Del matrimonio de Jerome con Elizabeth Eden de Coggeshall nacieron otros tres vástagos. Posteriormente, Jerome enviudó y contrajo segundas nupcias, esta vez con la adinerada Jane Wingfield, de cuyo enlace nacieron otros siete hijos¹³⁷. En calidad de primogénito, el joven William se veía en la tesitura de consolidar el estatus socioeconómico de su familia. Con tal fin ingresó, en mayo de 1558, en el *Saint John's College* de Cambridge, seis meses antes del ascenso al trono de Isabel I, cuando contaba con apenas catorce años¹³⁸. Cambridge era por entonces una pequeña villa, muy tradicional, y alejada de ciudades como París, Padua o Basilea, y fue testigo de una carrera académica notable, aunque sin llegar a ser extraordinaria. La educación en Cambridge era principalmente tradicional, de carácter escolástico, si bien se dejaban sentir de algún modo las reformas emprendidas por las Universidades italianas renacentistas en la medida en que se privilegiaba el contacto directo con los originales griegos: el currículo recogía la literatura médica clásica; fuentes griegas y latinas; obras de matemáticas, astronomía,

descubrió un horóscopo que se le había realizado a Gilbert en fecha tardía, en el que aparecía como fecha de nacimiento la siguiente: el 24 de mayo de 1544, concretamente a las 14: 20 h. El propio Thompson da la fecha corregida a partir de Thompson 1906, p. 200. Aún así, la cronología errónea se ha perpetuado, como en los estudios de Crombie [1959] 2000, p. 162; Hall [1962] 1994, p. 120; North [1994] 2001, p. 227; y Rossi [1977] 1998, p. 161. Hablamos, casi en su totalidad, de obras de carácter enciclopédico o general, posiblemente con escaso o nulo apoyo en fuentes primarias, especialmente en lo que a Gilbert concierne. Otros historiadores, en cambio, sí que han sabido discriminar mejor la credibilidad de sus fuentes, caso de Sarton 1958, p. 95; Asimov [1964] 2003, p. 113; o, por citar los exhaustivos estudios de los especialistas, Roller 1959, p. 50.; y Pumfrey 1987a, p. 15; Pumfrey [2002a] 2003, p. 15). Un caso peculiar es el de Holton [1952] 1988: aparecen diferentes fechas de nacimiento en las páginas 57 y 68. Conviene de todas formas tener en cuenta que las fechas aparecidas en el epitafio están basadas en el calendario juliano; con la reforma gregoriana, la datación de su óbito quedaría establecida el 10 de diciembre de 1603.

¹³⁷ Uno de ellos, también llamado William Gilbert (esta vez de Melford), erigió junto a otro hermano suyo, Ambrose, el epitafio con el que nos hemos aproximado a la biografía de nuestro personaje.

¹³⁸ De haber nacido en 1540, Gilbert hubiera entrado en el *College* con dieciocho años, una edad superior a la habitual para el acceso a la formación superior, según los usos y costumbres de la época, y no parece lógico pensar que alguien con las credenciales de nuestro personaje supusiera una excepción.

cosmografía y geografía; filosofía natural; monografías clásicas y contemporáneas de arquitectura, minería y navegación; astrología, alquimia...

En su primer año, Gilbert pudo repasar las materias de Gramática, Retórica y Dialéctica, y empezó el *quadrivium* de Aritmética, Geometría, Astronomía y Música. En su segundo año, la Filosofía Natural tenía más peso que las matemáticas, pues, frente al carácter descriptivo de esta última, la primera trataba con hechos y causas del mundo natural. En el último año de su B.A. (*Bachelor of Arts*), cursó las materias de Ética, Metafísica y Teología, obteniendo dicha titulación en 1560. Al año siguiente formó parte del cuerpo docente en *Saint John's*. Al ser distinguido de este modo, sus obligaciones docentes probablemente incluían la enseñanza de los textos filosóficos de Aristóteles, en especial *De Caelo* y *Meteorológicos*, volúmenes que formaban parte de su biblioteca personal. En 1564, Gilbert consigue su M. A. (*Master of Arts*), si bien permanecería en el *College* durante cinco años más, dedicados al estudio del *Ars Medica*, vinculada a la filosofía natural, a la par que comenzaba a sentir su distanciamiento crítico respecto a las doctrinas convencionales de la materia. Entre los años 1565 y 1566, Gilbert se erige en *Mathematical Examiner*. Finalmente, el 13 de mayo de 1569 se doctoró en medicina¹³⁹.

Tras culminar esta etapa, hacia mediados de la década de los 70, William Gilbert se había establecido en Londres para ejercer como médico¹⁴⁰. Su céntrica mansión, *Wingfield*

¹³⁹ Sobre esta época parece que ya había empezado a dudar sobre algunas de las teorías aristotélicas, y tal vez por ello había empezado a investigar de modo independiente. Su primera aproximación a estas cuestiones la focalizó sobre la *Meteorología*.

¹⁴⁰ Este vacío entre 1569 y su aparición en la escena londinense en torno a 1573, guiándonos a título orientativo por la inscripción del epitafio, ha dado pie a algunos biógrafos a postular que Gilbert aprovechó ese tiempo para realizar un viaje a la Europa continental. Siguiendo con el relato mitológico, parece ser que estuvo en Italia, lugar en el que se hallaban las escuelas de medicina más prestigiosas de la época, con el noble fin de completar su formación y actualizar sus conocimientos. De hecho, se piensa que se habría doctorado realmente allí (Suter 1952, p. 372), cuestión que, por otro lado, no era del todo extraña en la época (Wear 2000, p. 26). En este supuesto periplo, los hagiógrafos postulan que habría podido trabar contacto con Paolo Sarpi, e incluso con Sagredo, mas no con Galileo, quien por entonces sería un tierno infante de apenas seis años (*Op. cit.*, p. 371). Este presunto viaje a Italia, además, habría supuesto un rito iniciático en la trayectoria vital de nuestro protagonista, puesto que se habría curtido por las experiencias recibidas a la par que se habría imbuido de un nuevo espíritu eminentemente crítico con el escolasticismo. No obstante, no hay suficiente justificación documental que permita avalar esta hipótesis más allá de lo conjetural. Una hipótesis alternativa sugiere que Gilbert, en realidad, no sólo no salió de Inglaterra, sino que, una vez egresado de Cambridge, pudo haber engrosado la lista de personalidades vinculadas a la Universidad de Oxford. De este modo, un William Gilbert, procedente de *St. John's*, aparece en la lista de los estudiantes graduados en Cambridge (Venn y Venn (comps.) [1922] 1974). Según este documento se doctoró en 1569. Pero también aparece como miembro de la Universidad de Oxford (Foster (ed.) [1891-1892] 1968, p. 566). La entrada correspondiente a William Gilbert, doctorado en Medicina igualmente en 1569, es la única que aparece entre corchetes en la página entera, con la salvedad de que el editor nos avisa de que incluye a personalidades de

House, estaba situada en Peter's Hill, cerca de la Catedral de Saint Paul, y entre el vecindario podíamos encontrar tanto a algunos burócratas de la Corte como a fabricantes de instrumentos y editores. Por esta época, tanto Cambridge como Oxford estaban repletos de jóvenes cualificados que buscaban acomodo en la efervescencia de la urbe londinense, al servicio de personas influyentes en el comercio y la corte. Mientras las Universidades tradicionales permanecían fieles al servicio de la causa filosófica del conocimiento de las *causas primeras* y los *principios supremos*, tal y como había expuesto Aristóteles en *Metafísica* I. 1; y *Met.* I. 2, en Londres se demandaba el componente práctico de los conocimientos adquiridos en beneficio de la Nación, con el objetivo de obtener suculentas recompensas económicas.

En tanto que médico (*physician*), Gilbert estaba entrenado en *physiologia* (filosofía natural) y, lejos de practicar la cirugía, sus curas se limitarían a prescribir dietas y remedios farmacológicos. No obstante, William Gilbert adquirió pronto una importante reputación en la práctica de la medicina, lo que le abrió las puertas del *College of Physicians*, institución que controlaba la práctica de la medicina en el área de Londres, y cuya influencia se extendía, además, en un radio de siete millas¹⁴¹. En 1581, Gilbert se convirtió en Censor en esta Institución; entre las funciones que era usual desempeñar, destacan la del control de los estándares de la práctica médica y el establecimiento de criterios demarcadores entre los diferentes profesionales vinculados al área sanitaria. Entre 1582 y 1600, Gilbert va asumiendo diferentes responsabilidades dentro del propio *College*, hasta ostentar la Presidencia en 1599. Durante este tiempo toma contacto con la Armada Real Británica. En julio de 1588, Gilbert fue propuesto, a instancias del propio *College of Physicians*, para contribuir a mejorar el estado de salud de los marineros, poco antes de la decisiva batalla ante la Gran Armada de Felipe II:

otras Universidades que se habrían incorporado en algún momento de su vida a la Universidad de Oxford (*op. cit.*, "Prefacio", p. iii). Puesto que debemos descartar la hipótesis de que se graduó en ambas Universidades en el mismo año, o que habría asistido en paralelo a las mismas en calidad de estudiante de pre-grado, parece razonable suponer que el vínculo con la Universidad de Oxford lo realizó con posterioridad a la obtención de su doctorado, si no como alumno, al menos como docente o investigador de bajo perfil. Pero tampoco podríamos mantener esta hipótesis como incuestionable, dado que no podríamos descartar la manipulación interesada de los datos como producto de la necesidad coyuntural de la Universidad de Oxford de reivindicarse a sí misma.

¹⁴¹ Este órgano colegiado estaba compuesto exclusivamente por médicos de formación universitaria, frente a los cirujanos y boticarios, y se arrogaba el privilegio de controlar la práctica médica especialmente en el área londinense. En las alejadas áreas rurales resultaba algo complicado ejercer la censura sobre los paracelsianos y los "malos doctores empíricos". Para el resto del país, era suficientemente válida la licencia concedida por el obispo.

«Una carta dirigida al Presidente del Colegio de Doctores en Física informaba de una enfermedad que comenzaba extenderse en la Armada de Su Majestad. Sus Señorías consideraron que algunos sabios y reputados médicos (*physicians*) deberían ser enviados allí para remedio de los enfermos y para evitar futuros contagios; y puesto que sus Señorías tenían excelentes informes de la suficiencia, la formación y el cuidado del Dr. Gilbert, el Dr. Marbeck, el Dr. Brown y el Dr. Wilkinson, pensaron que ellos eran personas muy adecuadas para ser empleadas en la Armada para estar al cuidado de la salud de los nobles, los caballeros, y de los demás en servicio [...]»¹⁴².

El año 1600 marcó un punto de inflexión en la trayectoria vital y profesional de nuestro autor, por cuanto en él vio la luz el mencionado libro «célebre entre los extranjeros acerca / del imán para la ciencia náutica», conocido popularmente como *De Magnete*. En relación con esto, tan indisoluble fue el binomio entre el autor y su obra, que a ambos elementos se les adivinaba una suerte paralela:

« [...] La Memoria de este Doctor nunca caerá el suelo puesto que su incomparable libro, *De Magnete*, le mantendrá en la Eternidad»¹⁴³.

El hecho de que el *De Magnete* fuera redactado en latín coadyuvó a que tuviera repercusión más allá de las estrechas fronteras nacionales, puesto que permitió que el conocimiento práctico a disposición de los marineros y navegantes trascendiera la barrera *intragremial*, y que concitase también el interés de los círculos académicos de los que él, en definitiva, procedía. En parte debido al éxito de este libro, y avalado indiscutiblemente por su reconocimiento profesional en el ejercicio de la medicina, a finales de 1600 se ve investido con los mayores honores al ser nombrado Médico de la Corte de la Reina Isabel I de Inglaterra¹⁴⁴. Mas ésta falleció en mayo de 1603; su sucesor, Jacobo I, le renovó la

¹⁴² *Acts of the Privy Council of England*, new series, vol. 16 (1588) (cit. por Roller 1959, p. 79).

¹⁴³ Fuller 1662, p. 332.

¹⁴⁴ En el epitafio, Gilbert es encumbrado como Jefe de los Servicios Médicos. Su amigo Blundeville, por el contrario, lo cita en la portada de su obra de 1602 como «uno de los Médicos ordinarios de Su Majestad». En la literatura secundaria es territorio común afirmar que la lujosa mansión de Wingfield House albergaba una suerte de *colegio invisible*, en la medida en que se producía una serie de encuentros, de periodicidad mensual, entre diferentes personalidades para discutir temas de interés *científico* (vale decir, de filosofía natural). La fuente original de esta aseveración se hallaría en algunos fragmentos extraídos de la correspondencia de John Chamberlain. En ella encontramos que: «La Reina ha elegido a nuestro Doctor para el cargo, pero él aún no lo ha jurado. Dudo que nuestro colegio [*colledge*] se disuelva, y algunos de nosotros tengamos que buscarnos la vida» (“Carta a Carleton, 3 de febrero de 1600-01”, en McClure (ed) 1939, p. 117). Poco después, diría que: «Me había retirado cuando llegó su carta, y el mensajero avisó de su inesperada partida, puesto que el grupo [*covie*] se ha disuelto, y tenemos que buscarnos los garbanzos en otro lugar, ya que nuestro doctor está ya en la Corte» (“Carta a Carleton, 24 de febrero de 1600-01”, en *op. cit.*, pp. 118-119). Finalmente, el propio Chamberlain, tras disculparse por su falta de “fidelidad” al contestar, añadía: «sin propósito alguno de enmienda, puesto que no sé cómo compensar lo pasado sin más diligencia, al convertirme completamente (desde la disolución de nuestra sociedad [*societie*] en un campesino» (“Carta a Carleton, 27 de mayo 1601”, en *op. cit.*, p. 122). Siguiendo con las narrativas historiográficas clásicas, a estas hipotéticas reuniones habrían asistido, además del propio Chamberlain, personalidades como Edward Wright, Richard Hakluyt,

confianza al mantenerlo en el cargo, el cual no disfrutó mucho tiempo, pues moriría poco después, concretamente el 10 de diciembre de 1603, posiblemente víctima de la peste que asoló la ciudad de Londres. A este respecto, tenemos noticia a través de Sir Michael Hicks, Conde de Shrewsbury, que:

«Mientras escribía, he oído que ha muerto el Doctor Gilbert, el médico que fue mi vecino en St. Peter's Hill. Él era un médico sabio y honesto. La enfermedad ha remitido casi totalmente en Londres, y los ciudadanos regresan a diario en gran número»¹⁴⁵.

En referencia a su personalidad, encontramos algún texto elegíaco:

«Él tenía -decía mi informante-, la *Transparencia del Cristal de Venecia* sin su *Fragilidad*; de temprana *Madurez* y *Duradero* en sus *Perfecciones* [...] era *Estoico*, pero no *Cínico*, lo que entiendo *Reservado*, mas no *Taciturno*; jamás casado, con el propósito de ser más benefactor para sus hermanos. Tal fue su *Lealtad* a la Reina que, como si no quisiera sobrevivirla, murió en el mismo año que ella, 1603. Su estatura era Alta; su Cutis, *Alegre*, y de una *Felicidad* nada común en una Persona tan *Estudiosa* y de vida retirada»¹⁴⁶.

Tras el fallecimiento de Gilbert tanto su Biblioteca personal como su colección de instrumentos científicos fueron legadas al *College of Physicians*, cuya sede fue destruida por el aparatoso incendio que asoló la ciudad londinense en 1666. Anteriormente, en 1648, a consecuencia del sitio al que fue sometida durante la Segunda Guerra Civil, desaparecieron los registros archivísticos de su villa natal, y su residencia en Wingfield House tampoco salió indemne de la destrucción (Gilberd y Penney 1971, p. 3). Ello explica la escasez de documentación disponible sobre su vida y su obra. No obstante, en 1651 vio la luz una recopilación de escritos conocida como *De Mundo Nostro Sublunari Philosophia Nova*, una colección de materiales y notas sueltas que William Gilbert de Melford, hermanastro del Dr. Gilbert, editó y preparó -en versión manuscrita- para el

Robert Norman, William Borough y Thomas Blundeville, probablemente moderados por Henry Briggs, cuyo liderazgo dentro de este *colegio invisible* ha sido reivindicado por Hill [1965] 1980, p. 54. Varias son las razones que apoyan el carácter mítico de este germen de sociedades científicas posteriores: en primer lugar, Chamberlain parecía ser un sujeto un tanto extraño dentro de estas presuntas reuniones de carácter científico o técnico; en segundo lugar, dado sus antecedentes, no deja de resultar sorprendente que él, como lego en la materia, no dejase siquiera constancia de los debates y discusiones que hubiesen tenido lugar; y, finalmente, el significado de los diferentes términos empleados por Chamberlain en estas cartas -*colledge*, *covei*, *societie*- ha ido variando a lo largo del tiempo, con lo que se hace difícil establecer el sentido preciso de las afirmaciones contenidas en las cartas (Roller 1959, pp. 83- 84). Posiblemente esta leyenda fue alimentada a causa de su hipotético viaje a Italia, dados los sorprendentes paralelismos que mantiene con la Academia de los *Otiosi* creada en torno a la figura del mago natural Giambattista della Porta, que fue, posteriormente, vicepresidente de la *Accademia dei Lincei* y máximo responsable de la sucursal napolitana de la misma. En cualquier caso, tras ser llamado Gilbert a la Corte, este grupo, de haber existido, se habría disuelto.

¹⁴⁵ Talbot and Cecil Papers, iii, p. 79 (cit. por Thompson 1903c, p. 28).

¹⁴⁶ Fuller 1662, p. 332 (cursiva en el original).

“Serenísimo Príncipe Henrico” de Gales probablemente en torno a 1607 ó 1608¹⁴⁷. A pesar de que traten temáticas diferentes, si bien puede trazarse una cierta continuidad, tanto el *De Magnete* como el *De Mundo* parecen inconcebibles sin el *St. John’s College* y sin la Facultad de Medicina de Cambridge, puesto que las fuentes de las que ambos tratados se nutren procedían de los circuitos académicos (Abromitis 1978, p. 60). En ambos casos se percibe que el *Leviatán* particular de Gilbert no era otro que el filósofo Estagirita y sus secuaces escolásticos, aspecto que permanece igualmente incólume en el *De Magnete*. Como se ha dicho, en ambas obras se hace patente el rechazo a las enseñanzas de Aristóteles y la necesidad de elaborar un nuevo sistema alternativo que lo reemplazara definitivamente.

¹⁴⁷ El *De Mundo* consiste en una compilación de dos opúsculos: el primero, “*Physiologia Nova contra Aristotelem*”, desarrolla temas cósmicos y astronómicos; el segundo, “*Nova Meteorologia contra Aristotelem*”, analiza fenómenos naturales como los vientos, las mareas, las nubes, el arco iris y los cometas. En comparación con el *De Magnete*, es posible que este texto denote cierta inmadurez tanto estilística como metodológica, tal vez por haber redactado muchos de sus pasajes antes de 1600. Sin embargo, el historiador marxista E. Zilsel sitúa su datación con posterioridad a 1591, año en que Patrizzi publicó *Nova de Universis Philosophia*- en cuanto que Gilbert discute algunas de las sentencias expresadas allí (Zilsel 1941, 1n). Siguiendo la hipótesis clásica, William habría ofrecido al príncipe heredero dichas notas para su publicación, que finalmente se llevó a cabo en 1651 a cargo de Isaac Gruter, responsable de Elzevier Press. Hasta el momento, se trataría de la única edición conocida del libro hasta su posterior reedición en versión *facsimil* en 1965. El texto definitivo se habría realizado a partir de dos códices manuscritos que se encontraban entre los papeles de Bacon (Kelly 1965, pp 15- 16). Encontramos ciertas referencias anteriores a su publicación a través de dos informantes diferentes: la primera de ellas, una carta enviada por T. Harriot a Kepler, fechada en julio de 1608. El segundo informante, Francis Bacon, hace referencia a la presencia de un mapa lunar, incluido como anexo a *DMS*, II. 14, p. 173: «[...] ahora está claro gracias a los telescopios que esas manchas tienen sus propias irregularidades y que la Luna presenta una configuración muy variada: la selenografía o mapa de la Luna que Gilbert concibiera parece por fin al alcance de la mano gracias a los trabajos de Galileo y otros» (Bacon 1989, p. 68). La hipótesis más plausible tiende a suponer que tal vez ambos autores tuviesen acceso a la Biblioteca del Príncipe. Parte del manuscrito está en inglés; en su homólogo editado hay una mezcla de latín, inglés y holandés, precedido de una nota que informa que se trata de una traducción, aparentemente no llevada a cabo por el propio William Gilbert de Melford. Kelly llama la atención sobre el hecho de que, entre la edición original de 1651 y al menos uno de los manuscritos, se dan ciertas variantes: cambios en el orden secuencial de algunas palabras, así como variaciones en su deletreo y en sus tiempos verbales; asimismo, se omiten palabras o frases, y se registran diferencias en la construcción de las frases (Kelly 1965, p. 21). Una curiosidad que merece la pena ser destacada es que el mapa lunar contenido en el manuscrito, a diferencia del incluido en la versión impresa, se encuentra atravesado por una red de meridianos y paralelos.



[Autógrafo de William Gilbert [Guil. Gylberde], conservado en la portada de uno de los tomos de la edición de Froben de la obra de Galeno, *Omnia quae extant, in Latin sermonen conuersa*. (Basilea, 1561) en tres volúmenes, perteneciente a la Biblioteca del *Saint John's College*].

Intérpretes más o menos recientes de la obra de Gilbert defienden que el magnetismo era un hobby que el propio autor compartía con muchos otros (Abromitis 1978, p. 3). Sin embargo, desde nuestro punto de vista, su aproximación inicial a la cuestión del magnetismo estaba estrechamente relacionada con su formación como médico. Nuestro argumento parte del hecho de que Gilbert dedica un capítulo a las *propiedades medicinales* del imán (*DM I. 14*), así como otro a la presunta *virtud curativa* del hierro (*DM I. 15*). De la lectura de estos capítulos se colige que, pese a su querencia a los imanes, Gilbert no estaba por la labor de prescribir el uso de los mismos para el tratamiento de determinadas enfermedades. De hecho, Gilbert critica de un modo contundente las malas prácticas de aquellos que pretendía curar ciertas dolencias prescribiendo una suerte de magnetoterapia:

«La aplicación de una piedra imán para los dolores de cabeza (como algunos hacen) no los cura mejor de lo que lo haría un casco de hierro o una gorra de acero»¹⁴⁸.

Más aún, el propio Gilbert emplea metáforas heredadas de su formación primigenia

¹⁴⁸ Gilbert *DM I. 14*, p. 33. Hipócrates, por ejemplo, había recomendado la mezcla de escorias de hierro con orina vieja para favorecer la concepción de la mujer [Véase “Enfermedades de las mujeres”, I. 75, en *TH IV*, p. 150]. Quizá originariamente el tipo de conocimiento del que habla Gilbert fuera objeto de la *magia natural*, como así se desprende de la lectura del Libro VII de la *Magia Naturalis* de della Porta. Posteriormente, la *Pharmacopoeia Londinensis*, proyecto en el que Gilbert estuvo involucrado durante algún tiempo, junto a Sir Lancelot Brown, también incluiría algunos remedios basados en las propiedades curativas de los imanes en sus diferentes ediciones. De hecho, en esta época era central el empleo de sustancias vegetales, animales y minerales como remedios terapéuticos (Wear 2000, p. 46).

como médico, entrenado en filosofía natural y al corriente de un lenguaje propio de la biología, para describir la misma sintomatología de *generación y corrupción* que afectarían tanto al hierro como a la piedra magnética:

«Además, vemos que a la mejor magnetita y la mena de hierro les afectan los mismos males y *enfermedades*; ambas *envejecen* del mismo modo y exhiben las mismas marcas, y se preservan y mantienen sus propiedades mediante los mismos remedios y salvaguardas. Más aún, la una incrementa la potencia de la otra, y maravillosamente la intensifica y la exalta mediante un acople ingeniosamente concebido»¹⁴⁹.

Posiblemente, el papel ejercido durante un tiempo como censor de las prácticas médicas heterodoxas resultara decisivo en el tono tan agrio observado y la virulencia de las críticas dirigidas a autores como Aristóteles y Martín Cortés, que se encuentran diseminadas a lo largo del texto. El uno representa el conocimiento teórico de la natura; el otro se erige en el adalid de la aplicación práctica del magnetismo en la navegación.

2. *De Mundo Nostro Magnetico.*

El propio Gilbert anuncia, en el ‘Prefacio’ de su obra consagrada al estudio del imán y de los fenómenos magnéticos, un «nuevo estilo de filosofar» (Gilbert *DM*, Prefacio, p. ij^v) Esta nueva *physiologia* -en tanto que filosofía natural- estaba dedicada, no a un patrocinador o mecenas alguno, sino:

«Solamente a vosotros, los verdaderos filosofadores [*philosophantibus*], hombres honestos que buscan el conocimiento no sólo en los libros, sino en las cosas mismas»¹⁵⁰.

El *De Magnete* en sí mismo se compone de seis libros, a lo largo de los cuales procede, ordenadamente, desde el estudio de las propiedades más básicas de los imanes hasta culminar en el bosquejo de toda una cosmología. Dicho tratado es un testimonio del

¹⁴⁹ *DM* I. 16, p. 37. La cursiva es nuestra. Pese a la división social de sus tareas, tanto cirujanos como médicos hacían hincapié en el papel de la *putrefacción* y la *corrupción* de los humores como agentes desencadenantes de la enfermedad (Wear 2000, p. 136 y ss.)

¹⁵⁰ *DM*, Prefacio, p. ij^v. La elección del término nos ha resultado un tanto problemática, y por ello lo presentamos con carácter meramente tentativo. En nuestro idioma, «filósofo» vendría a traducirse desde el vocablo latino «*philosophus*, -i», con lo que el término original, «*philosophantibus*», no se derivaría de dicha raíz. En las versiones inglesas hay cierta diferencia en cuanto a interpretaciones: Mottelay lo traduce como «*philosophers*»; Thompson, en cambio, se decanta por «*philosophizers*». Nos hemos inclinado por «*filosofadores*», y con ello somos más solidarios con la opción de Thompson, por cuanto nos parece probable que Gilbert no empleara directamente el término «filósofo» para que no se asociara con los usos y costumbres vigentes en la academia de la que él reniega, cuyo carácter era predominantemente libresco.

exhaustivo conocimiento no sólo de los fenómenos geomagnéticos que Gilbert había ido adquiriendo durante las dos décadas anteriores, sino también de la práctica totalidad de la literatura existente sobre la materia. Más que un tratado de fenómenos eléctricos y magnéticos, su obra es, sobre todo, un intento de fundamentación de toda una Filosofía Magnética, heredera en las formas de los grandes sistemas filosóficos clásicos. La estructura de este tratado sobre los cuerpos magnéticos, por lo tanto, no difiere mucho del de una moderna Tesis Doctoral, o incluso del de un moderno texto de adoctrinamiento disciplinar en el seno de un *paradigma* determinado. Tras analizar críticamente las diferentes teorías que se han propuesto históricamente para afrontar el problema de la acción a distancia, Gilbert articula una propuesta positiva como alternativa plausible ante la insatisfacción provocada por los modelos explicativos anteriores.

Pero el *De Magnete*, en el fondo, no es una obra tan original: su idea matriz fue anticipada por otros, si bien nadie la llegó a desarrollar como lo hizo Gilbert¹⁵¹. Y, desde luego, al menos sí que podemos detectar, dentro de este ambicioso proyecto, una cierta fusión de *estilos*: por un lado, de la Antigüedad había heredado una cierta *voluntad de sistema*, es decir, el filosofar sobre la naturaleza en cuanto totalidad, y la compilación, con este fin, de una multiplicidad de hechos y fenómenos conocidos; por su parte, la vertiente *moderna* de este tratado se alimentaría de la confirmación por la vía experimental de esos mismos hechos y fenómenos. La *synthesis* final arroja un repertorio de hechos magnéticos confirmados experimentalmente, e integrados asimismo en una estructura teórica. En este círculo omnicomprendivo, el todo y las partes se retroalimentan y se confieren mutuamente significado en sentido bidireccional.

2.1. La Crítica de la Sinrazón Magnética.

En tanto que improvisado *historiador*, Gilbert procura desmontar toda la parafernalia mítica y supersticiosa vinculada al espinoso problema que suponía, para la mentalidad occidental, la acción operada a distancia. Gilbert, en líneas generales, no se muestra especialmente amable con sus predecesores. Aún así, en tanto heredero de una

¹⁵¹ Parece ser el caso de, por ejemplo, John de Sant Amand, cuando decía que «en el imán hay un trazo del mundo» (cit. Por Thorndike 1946, p. 156; y por Jonkers 2000, p. 297). Pero más claro es el caso de Robert Norman quien, pese a “descubrir” el fenómeno de inclinación de la aguja magnética, no se atrevió a postular que la tierra fuera esencialmente magnética, y deducir, de este modo, que en el interior de la tierra misma cabría hallar el origen del comportamiento de la aguja magnética, más allá de un mero *punto respectivo*.

tradición, reconoce la deuda intelectual mantenida con aquellos que le precedieron:

«Le tributaremos el merecido respeto a estos antiguos antepasados de la filosofía -Aristóteles, Teofrasto, Ptolomeo, Hipócrates y Galeno [...], pero nuestra época ha detectado y alumbrado muchos hechos que, si ellos viviesen, habrían aceptado con regocijo»¹⁵².

Este ejercicio de aparente *humildad*, condicionada ante la confianza en la capacidad de contribuir al conocimiento acumulativo de un determinado orden de fenómenos en el campo de la física puede ser interpretado, asimismo, como un *reclutamiento de aliados* que salvaguarde la validez y la legitimidad de lo expresado en este tratado. Este inventario de nombres nos puede dar idea del cariz tomado por esta obra en su vertiente filosófica: Aristóteles se había consagrado como el Filósofo por excelencia en el dominio de las diferentes ramas de la filosofía natural; un discípulo suyo, Teofrasto, era el autor de un conocido tratado sobre las piedras (*De Lapidibus*); la autoridad de Ptolomeo en las materias de astronomía y cosmografía hacía muy poco que se había comenzado a cuestionar tras casi dos milenios de vigencia; Hipócrates y Galeno, por su parte, eran indiscutibles en las cátedras de medicina. Este reconocimiento a las principales autoridades, de las que se distanciará críticamente en no pocos aspectos, nos pone sobre la pista de la dimensión teórica real del *De Magnete: un nuevo sistema de filosofía natural, alternativo al de Aristóteles, que promete una explicación física real de un ordenamiento del universo bastante solidario con el postulado por Copérnico, aunque sin perder de vista la puerta de entrada a los estudios sobre magnetismo, como refutación efectiva del uso terapéutico de los imanes para el tratamiento de determinadas dolencias*. De este modo, tras pasar revista a prácticamente la práctica totalidad de lo que había sido publicado previamente sobre magnetismo, Gilbert se trazó el objetivo de rescatar al magnetismo del dominio de lo inapre(he)nsible:

«Todos aquellos filosofastros [*philosophantes*] de una época anterior, que filosofaban sobre la atracción a partir de unos pocos experimentos vagos y poco rigurosos, conducían sus argumentos desde las causas escondidas de las cosas. Por tanto, deambulaban a ciegas al buscar las causas de las direcciones magnéticas en un cuarto de los cielos, en los polos, las estrellas, las constelaciones, o en las montañas o rocas; en el espacio, los átomos, o puntos atractivos o respectivos más allá de los cielos, y otras paradojas semejantes no demostradas que son, en su totalidad, perspectivas erróneas»¹⁵³.

¹⁵² *DM*, “Praefatio”, p. iij.

¹⁵³ *DM* I. 1, p. 6. En este texto también nos hemos encontrado con ciertas dificultades interpretativas: el original, «philosophantes», está bastante relacionado con lo expresado en el anterior fragmento. Generalmente, las opciones manejadas por Mottelay y Thompson eran las mismas que en el caso anterior: Mottelay traducía como «philosophers»; Mottelay, en cambio, optaba por «philosophizers»; nosotros, en

Para llenar este vacío teórico, Gilbert proclamaba un renovado y libre *estilo de pensamiento* que vendría condicionado, de alguna manera, por los resultados arrojados por los repetidos experimentos y las demostraciones *ciertas*. Nuestro autor no sólo discute y reacciona contra los constructos teóricos esgrimidos por sus predecesores, sino que también entra a comentar, en ocasiones, los detalles técnicos de los instrumentos y procedimientos empleados por ellos. Este proyecto requería, en primer lugar, de un nuevo lenguaje susceptible de dar cuenta de una nueva realidad. La intención era, desde luego, poder

« [...] filosofar libremente y con la misma libertad que antaño solían emplear los egipcios, los griegos y los latinos, al publicar sus dogmas»¹⁵⁴.

Para acometer semejante empresa, se hacía necesario, en opinión de Gilbert, emplear:

« [...] palabras nuevas y nada usuales, no porque debamos encubrir los hechos con sombras y nieblas, mediante estúpidos velos terminológicos, como los Alquimistas se muestran deseosos de hacer, sino para que esas cosas ocultas que aún no tienen nombre, al no haber sido percibidas hasta ahora, puedan ser enunciadas correctamente»¹⁵⁵.

En la obra de Gilbert, en tanto *obra de transición* entre el pensamiento escolástico y el *moderno* experimentalismo que ayudó a consolidar, encontramos una convergencia de tradiciones. La primera de estas tradiciones es, indiscutiblemente, la aristotélica, que provee de la mayoría de las categorías empleadas en la obra: la distinción entre *materia* y *forma*, así como de *materia activa* y *pasiva*; o de nociones como *elemento*, o *exhalación*. En líneas generales, Gilbert confiere un nuevo significado a términos empleados tradicionalmente. Por ello, el elemento teórico (*know - what*) más innovador viene de la mano de las influencias neoplatónicas que otorgan sentido a ciertas características propias de la época renacentista. Pero relevante resulta también la influencia de las técnicas empleadas en oficios *transformadores* de las materias primas. Hablamos del *know-how* de

cambio, nos hemos decidido por el término “filosofastro”, con el fin de acentuar el tono despectivo contenido en las afirmaciones de Gilbert.

¹⁵⁴ *DM*, “Praefatio”, p. iij.

¹⁵⁵ *DM*, “Praefatio”, p. iij. Algunos de estos nuevos términos fueron detallados por él antes de comenzar con el Libro I, e inmediatamente detrás de ambos prólogos. Muchos de estos términos no sólo eran neologismos, sino que convenía aclarar el significado de otros muchos que en sí no eran estrictamente novedosos, pero que podían generar alguna confusión. Así, en el *De Magnete*, lista términos como *terrella*, *verticitas*, *eléctricos*, *coitio*, *esfera de influencia (orbis virtutis)*, *imán armado (magnes armatus)*, *versorium magnético* y *no-magnético*... En definitiva, es como si el propio Gilbert quisiera introducir en la lengua latina estos términos de su propio cuño.

los artesanos, los herreros, los mineros, pero también de los químicos. Finalmente, destaca en la obra de Gilbert una extraordinaria familiaridad con las técnicas y los instrumentos empleados en el arte de la navegación. Debido a ello, la obra de Gilbert, especialmente el *De Magnete*, era potencialmente interesante para sectores sociales muy diferenciados: evidentemente, como tratado de filosofía natural, tenía un interés académico incuestionable; pero también se constituyó en una obra de notable repercusión para operar la transición del *arte* a la *ciencia* de navegar. No en vano, las hipótesis sobre el origen y el significado de las fuerzas magnéticas que habían tenido alguna relevancia histórica se habían fundamentado en la observación, no del magnetismo como tal, sino de los efectos observados en el comportamiento de la aguja magnética, especialmente a partir de la introducción de la brújula en el Occidente europeo.

En concreto, podemos precisar aún más las influencias que mayor presencia tienen en la obra de Gilbert para trazar una genealogía más directa del *De Magnete*. Es territorio común asumir que la obra de Peregrinus influyera directamente en Gilbert, en particular desde que la *Epistola* fuera *re-descubierta* y puesta en circulación a mediados del siglo XVI¹⁵⁶. Como hemos visto, dicha *Epistola* era un tratado experimental que basaba las afirmaciones contenidas en la descripción de experimentos magnéticos. Igualmente relevantes fueron las contribuciones de la misma sobre la polaridad y la noción misma de *polo*, aunque en sentido inversamente proporcional. Asimismo, Peregrinus empleó para sus demostraciones un imán esférico que, lejos de ser una *pequeña Tierra*, en realidad se trataba de un cosmos en miniatura¹⁵⁷. Otro punto de conexión encontrado es la presencia, en la segunda parte de su obra, de la descripción de varios aparatos magnéticos, entre ellos una máquina de *movimiento perpetuo*, cuya imposibilidad fue expuesta por Gilbert (*DM II*, p. 35). Los otros aparatos eran una brújula azimutal, equipada con una alidada para medir la elevación angular de estrellas y planetas, y una brújula pivotante. De hecho, parece que

¹⁵⁶ *Petri Peregrini Maricurtensis de Magnete, seu rota perpetui motus libelli* (Augsburg, 1558). En 1562 se publicó una edición pirata de la misma, a cargo de Johannes Taisner, de ahí que fuera una obra relativamente conocida en la época de Gilbert. Es probable, además, que Gilbert conociera ambas ediciones.

¹⁵⁷ Suter 1950, p. 138, propuso caracterizarlo como *cielito*, en tanto que modelo del universo. Aunque elogiado el dominio de otros idiomas, es cierto que, para un hablante de la lengua hispana, este término se vincula inevitablemente con letras de algunos boleros cantados por unos entusiastas, por lo que sugerimos el empleo de «pequeño cosmos» para designar el objeto de referencia en la medida en que su homólogo *terrella* se suele traducir más por «pequeña tierra» que por «tierrita». Por ello, en opinión de Peregrinus, se requería para aprehender la *naturaleza oculta* de la magnetita no sólo una cierta pericia artesanal, sino también un cierto conocimiento astronómico (*EDM I. 2*). Gilbert conjuga esa hibridación entre teoría y praxis, mirando más hacia los oficios de la minería y la metalurgia.

fue el primero en pivotar una aguja magnética, y disponer un círculo graduado alrededor suyo.

Menos consenso hay, sin embargo, en torno a la posible influencia de della Porta, pese a las similitudes encontradas entre ambas obras, las cuales justifican su inclusión dentro de esta relación. Las opiniones de della Porta sobre la *magia* magnética se encuentran en el Libro VII de su *Magiae Naturalis*¹⁵⁸. Al igual que en el caso de Gilbert, estamos ante un tratamiento del tema bastante cercano a la ciencia experimental sistemática, pues realiza experimentos para refutar las teorías y las «falsas opiniones» de aquellos que le han precedido¹⁵⁹, a los que acusa de repetir acríticamente lo dicho por sus antepasados (*verbi gratia*, la relación especial que guarda la fuerza magnética con el ajo, la cebolla, el diamante...). Porta adelantó, asimismo, la noción gilbertiana de *orbis virtutis* al hablar de la transferencia de *virtus* magnética a un hierro, aunque no estén en mutuo contacto. De su trabajo experimental destaca, además, la emisión de juicios aproximadamente cuantitativos sobre la fuerza magnética, al postular que la potencia del imán está en relación a su volumen. Igualmente, recoge que el calor destruye la virtud del imán. Desde el punto vista teórico, Porta se mueve no obstante en un esquema de *simpatías*, apelando a la autoridad de Aristóteles y remontándose, incluso, a Anaxágoras, al hablar en términos de *amor y odio*.

Sin embargo, la herencia teórica recibida de modo directo procedente del ámbito anglosajón no resultó tan decisiva como el componente práctico, si bien persisten ciertos elementos que contribuyen a cimentar su propuesta de una filosofía magnética¹⁶⁰. En particular, fue el descubrimiento de la inclinación magnética por Norman lo que le proporcionó la auténtica pista de que los polos magnéticos radicaban en el interior de la Tierra misma¹⁶¹. Cobró importancia, igualmente, el trabajo experimental: un *círculo de*

¹⁵⁸ En la *Magia* encontramos tópicos que hoy subsumiríamos en ámbitos tan dispares como el de la física, la química, la teoría óptica, la metalurgia e, incluso, la estética personal.

¹⁵⁹ Entre las aplicaciones prácticas de la *magia* magnética, della Porta cita, al margen de dos juegos magnéticos, la brújula, así como un artilugio concebido para comunicar inteligencia a distancia, lo que supondría unas primeras alusiones a un telégrafo magnético.

¹⁶⁰ En tanto que sustantivo, la palabra «magnético» (*magneticum*) se le atribuye a Gilbert; en calidad de adjetivo (*magneticall*), se tiene constancia de su aparición, al menos, desde W. Borough, *Discourse of the Variation of the Compass or Magneticall Needle* (London, 1596). Habría que esperar hasta la Dedicatoria epistolar de W. Barlow, *Magneticall Aduertisements* (London, 1616) para que se haga referencia expresa al magnetismo de la Tierra.

¹⁶¹ Llama la atención el hecho de que, a diferencia de Gilbert, Norman no quiso ir más allá al establecer la verdadera causa a la que podía obedecer esta tendencia mostrada hacia el *punto respectivo*. En el capítulo

declinación, por medio del cual calculó que el valor de Londres es del 67%, y que este valor varía en función de la latitud. Con el segundo demostró que el fenómeno direccional del imán no era un fenómeno de atracción.

Con estos antecedentes en la mano, cabe establecer una primera aproximación a la metodología de trabajo en el *De Magnete*, que apelaba, fundamentalmente, a un doble método. El primero de estos elementos es la *demonstración experimental*, pues Gilbert inauguró su discurso vindicando la práctica intervencionista en la naturaleza como un valor en sí mismo:

«Las pruebas más claras en el descubrimiento de los secretos y en la investigación de las causas ocultas de las cosas, se obtienen más mediante experimentos fidedignos y argumentos demostrados, que por las opiniones y las conjeturas meramente probables de los profesores ordinarios de filosofía»¹⁶².

El empleo que hizo Gilbert de la demostración experimental para validar o refutar las diferentes aserciones realizadas previamente sobre los efectos magnéticos observables es un rasgo a todas luces innovador. La sistemática investigación experimental que realizó la subordinaba al desarrollo de sus grandes hipótesis: la primera de ellas, que ha sido unánimemente reconocida como su gran contribución, es que, para Gilbert, la Tierra no sólo se comporta *como*, sino que *es*, un imán de proporciones gigantescas. Asimismo, esta noción vertebraba una teoría general del carácter fundamental de la interacción magnética. Es esta radical apuesta por el experimentalismo frente a los argumentos basados en la autoridad lo que alimenta, indudablemente, la lectura en clave positivista de la obra de William Gilbert.

Un segundo componente consiste en el uso del *razonamiento por analogía*. Gilbert predicó de la Tierra los resultados obtenidos a partir de un modelo de la Tierra misma. Por lo tanto, los efectos observados sobre objetos de hierro vendrían a ser una reproducción a escala de lo que acontecería en la Tierra, lo que le permite a Gilbert un acceso *privilegiado*

VIII de *The Newe Attractiue* (London, 1581), Norman atribuía a la «Providencia Omnipotente» la causa del movimiento de las esferas celestes. A diferencia de Gilbert, Norman opinaba que había que encontrar en Dios la causa última de toda Cualidad, Propiedad, o Virtud que manifestase toda criatura viva o inerte en este mundo, mostrando su recelo respecto a aquellos «curiosos descubridores de los secretos de la Naturaleza» que dan un pasito más allá de lo requerido para el uso de la vida. Evidentemente, afirmaciones como ésta son difícilmente concebibles en obras que intenten trascender el uso meramente práctico de determinadas habilidades técnicas.

¹⁶² *DM*, «Praefatio», p. ij.

a la misma. No obstante, los resultados de sus investigaciones, así como sus conclusiones, revestían un carácter eminentemente cualitativo, en virtud de su condición de primer eslabón en la cadena de transformaciones que conlleva toda empresa científica.

2.2. Experimenta Gilbertiana, o de cómo se moviliza el mundo mediante una cadena de transformaciones.

A lo largo del *De Magnete*, Gilbert presenta sus descubrimientos señalándolos en los márgenes del propio texto con un asterisco, cuyo tamaño varía en función de la relevancia de lo descubierto, según el propio criterio del autor¹⁶³. De este modo, al hacer esta selección, el autor indica la importancia de aquello que es producto de su esfuerzo. En el caso de William Gilbert, *creemos que el elemento diferenciador latente en su tratado sistemático sobre el magnetismo, en comparación con obras de periodos anteriores, radica en la existencia de una serie de transformaciones fundamentales que operan en distintos niveles, y que suponen una especie de puntos de no-retorno para la actividad filosófica posterior*. Es decir, que, a partir de la obra de Gilbert, difícilmente cabe concebir un retorno a un estado previo a partir de las *transformaciones* que él mismo emprendió, y que detallamos a continuación, clasificadas en tres categorías. Las dos primeras conforman el dominio de lo experimental, y están bastante relacionadas entre sí, de modo que la primera es condición necesaria aunque no suficiente de la segunda; la tercera, en cambio, es una transformación que opera en el nivel teórico que, en puridad, es independiente de las dos primeras, en el sentido en que no obedece a una relación de causa-efecto. Ahora bien, las dos transformaciones operadas en el nivel experimental han supuesto un punto de partida necesario para autores posteriores, con independencia del compromiso teórico asumido. Es decir, a partir de Gilbert, quien teorice sobre el magnetismo lo hará a partir de las coordenadas experimentales que detallaremos a continuación, sin que sea posible una vuelta atrás.

2.2.1 Primera transformación: de la magnetita al imán.

Como hemos dicho anteriormente, la primera de estas transformaciones se localiza

¹⁶³ Mottelay 1922, “Apéndice II”, reseña la existencia, en total, de 178 asteriscos pequeños y 21 grandes, algunos de los cuales están anexos a ilustraciones, de las que hay 84 diseminadas a lo largo del *De Magnete*.

en el dominio del experimento. Gilbert teoriza sobre el imán, y a él le dedica el Libro I del *De Magnete*, en el que tiene cabida una exhaustiva revisión de la literatura existente sobre el tema, mucha de la cual ha desaparecido o es de difícil localización. Tras analizar varias hipótesis que habían alcanzado cierta popularidad, Gilbert continúa con una digresión sobre su origen:

«La piedra imán (magnetita), la piedra comúnmente llamada Imán, deriva su nombre, bien por el descubridor (aunque no era el fabuloso pastor de Plinio, citado por Nicandro, que veía cómo los clavos de sus zapatos, y el tipo de bastón que poseía, se atascaban enseguida en un campo magnético donde llevaba a pastar a su rebaño), o de la región de Magnesia en Macedonia, rica en magnetita; o también por la ciudad jónica de Magnesia, en el Asia Menor, cerca del río Maeander [...].

Se llama Heráclea por la ciudad Heraclea, o por el invencible Hércules, a cuenta de la gran fuerza y poder de dominación y sometimiento de todas las cosas que reside en el hierro; también se la llama siderita, al ser de hierro. No les resultaba desconocida a los escritores más antiguos, a los Griegos, Hipócrates y otros, y también, creo, a los escritores Judíos y Egipcios»¹⁶⁴.

Inicialmente, una de las cosas que le llaman la atención es la variedad existente cuando, de hecho, estaríamos ante un único objeto, la magnetita:

«[...] tal es, sin embargo, la variedad de los imanes y diferencias en cuanto a dureza, suavidad, pesantez, ligereza, densidad, firmeza y desmenuzamiento de sustancia. Tan grandes y manifiestas son las diferencias en color y otras cualidades, que no se ha hecho una descripción adecuada de ello, por lo que ha sido obviada o dejada imperfecta en virtud del carácter desfavorable de los tiempos [...]»¹⁶⁵.

A pesar de las evidencias registradas entre los diferentes cuerpos con propiedades magnéticas, Gilbert comienza por señalar las semejanzas que, de hecho, se encuentran, a saber, la presencia inexcusable de dos polos, y que suponen una constante en todos los imanes:

«Los polos magnéticos se pueden buscar en cualquier imán, en el potente y poderoso, que la Antigüedad solía llamar el masculino, así como en el endeble, débil, y femenino»¹⁶⁶.

¹⁶⁴ *DM I.* 2, p. 8. Al margen de las peculiaridades lingüísticas e idiomáticas propias de cada región, no resulta descabellado pensar que esta diversidad motiva, asimismo, la enorme variedad de nombres empleados para referirse a los distintos fenómenos o a su gradación. Precisamente debido a tales diferencias, el fenómeno, ya de por sí sorprendente, acentuaba aún más la curiosidad de los primeros escrutadores de fenómenos naturales, puesto que se tornaba aún más difícil la tarea de establecer generalizaciones de carácter empírico.

¹⁶⁵ *DM I.* 2, p. 9. Dado que la presencia de dicho mineral es bastante corriente en diferentes regiones de la tierra, cabe esperar que difieran en cuanto a composición química y que esto afecte, de alguna manera, a sus propiedades físicas, haciendo que se traduzca en una mayor o menor capacidad de atracción o, incluso, repulsión.

¹⁶⁶ *DM I.* 3, p. 12. Estas expresiones tan desafortunadas para cualquier teórica comprometida con el discurso de género, que vinculan la fuerza y el vigor con el carácter masculino, se encuentran presentes también en

No obstante, Gilbert hace hincapié en que no todos los imanes tendrían utilidad científica, ni servirían a los mismos propósitos, pues

«Un imán fuerte del tipo de los actualmente celebrados tanto en los experimentos presenta la apariencia del hierro sin pulir, y se encuentra mayoritariamente en minas de hierro»¹⁶⁷.

Una forma de incrementar la *virtus* magnética de un imán consiste en frotarlo contra otro imán, o bien con acero, pero siempre por su polo opuesto:

«Una magnetita se mejora si se pule y se frota con acero. Preserva su fuerza si se cubre de limaduras no oxidadas del mejor hierro, o de acero puro. A veces también alguna [magnetita] buena y fuerte adquiere más fuerza cuando se frota en el polo de otra, en la parte opuesta, y recibe virtud»¹⁶⁸.

El elemento diferenciador, compartido con Peregrinus, es que Gilbert no se ceñía en sus experimentos al empleo de fragmentos rudos de magnetita, sino que empleaba asimismo piezas metálicas, de hierro o acero, convenientemente preparados, cuyas propiedades magnéticas habín sido artificialmente inducidas. Es decir, que se opera una *trans-formación* o mejora de la materia prima original a través de una manipulación conscientemente realizada. En resumidas cuentas, Gilbert prefería los imanes artificiales para teorizar sobre los naturales. Pero la intervención humana no se restringe únicamente a la selección de los imanes más adecuados, y más susceptibles de aumentar su potencial, sino que conoce aún otra forma de participación aún más activa, pues permitía la creación *ex nihilo* de los imanes, sin intervención de agente magnetizador directo. Es decir, que era posible inducir magnetismo a una pieza de hierro sin que ésta estuviese previamente en contacto con una magnetita:

« [...] una pieza inerte de mena, y una carente de propiedades magnéticas, apenas lanzada fuera de la mina, al tostarla en el fuego y preparada con el debido arte, por medio de la eliminación de humores y secreciones extrañas, despierta y deviene un imán en vigor y potencia»¹⁶⁹.

Plinio, *HN*, XXXVI. XVI, p. 179.

¹⁶⁷ *DM I*. 2, p. 9.

¹⁶⁸ *DM II*. 25, p. 93.

¹⁶⁹ *DM I*. 16, p. 36.



[Ilustración del proceso de conversión de una pieza de hierro *dormida* en un imán de pleno derecho por mediación humana, en *DM III. 12*, p. 139, una muestra de la familiaridad de Gilbert con el trabajo realizado en los altos hornos y las fundiciones: «Que el herrero se sitúe con su rostro hacia el norte y su espalda hacia el sur, así que el hierro caliente de ser golpeado tenga un movimiento de extensión al norte [...] se demuestra que todos aquellos que son golpeados en dirección norte, y colocados rápidamente mientras se enfrían, giran sobre sus centros; y piezas flotantes de hierro [...] hacen un movimiento en el agua, con el extremo determinado, hacia el norte» (*DM III. 12*, p. 140)].

Hemos visto que el hierro convenientemente forjado adquiere también propiedades *nobles*. En este caso, el posicionamiento del martillo y de la barra de hierro resultan cruciales para la adquisición de *virtus* magnética. Así, una aguja de hierro calentada, y alineada en la dirección norte-sur, mientras se enfría, acaba imbuyéndose de propiedades magnéticas. Además de la posición, otra variable a tener en cuenta sería su mayor o menor *enfriamiento*, es decir, la vuelta a la temperatura ambiente:

«Así, el hierro calentado concibe vigor y *verticitas*, procedente de la tierra, más rápidamente durante su vuelta a su estado normal, y en su recobrase, como si fuera tan sólo por su mera posición –mientras se transforma. Esto se efectúa mejor y más perfectamente en invierno en aire más frío, cuando el metal retorna más certeramente a su temperatura normal, que en verano y en regiones cálidas»¹⁷⁰.

Gilbert señalaba algunos otros descubrimientos relevantes en este nivel *mesocósmico*, como el hecho de que dos cuerpos magnéticos unidos creasen un objeto magnético único, si cabe aún más fuerte, en virtud de la adición de pesos. Como regla general, los imanes mayores, en especial si han sido frotados con una misma piedra,

¹⁷⁰ *DM III. 12*, p. 141.

soportaban más pesos que otros de menor tamaño¹⁷¹. Y, así como el fuego posibilitaba la creación de un imán, también podía ser el causante de la pérdida de la *virtus* magnética, en particular si éste era calentado al rojo vivo¹⁷². Finalmente, un imán *armado*¹⁷³ incrementaba su potencia y, debido a ello, era capaz de soportar mayores pesos que uno desprovisto de esa armadura:

«[...] la mayor fuerza de una naturaleza unida o combinada se ve cuando dos magnetitas, armadas con cascos de hierro, están tan unidas por sus extremos concurrentes, comúnmente llamados contrarios, que se atraen mutuamente y se provocan el uno al otro»¹⁷⁴.

Con independencia de que el imán fuese de magnetita o hierro puro, el efecto de la armadura sería idéntico en todos los casos:

«El hierro se une a un imán armado más firmemente que a una piedra imán; y debido a ello soporta mayores pesos [...] Dada la presencia cercana del imán, se cimentan juntos, y están firmemente unidas, puesto que la armadura concibe un vigor magnético con su sola presencia, y la otra pieza de hierro está al mismo tiempo dotada de vigor, debido a la presencia de la magnetita. Entonces, por el mutuo contacto de piezas fuertes de hierro, la cohesión es fuerte»¹⁷⁵.

Cuanto más trabajaba Gilbert, cuanto más se esforzaba en obtener mejores imanes que sirviesen para sus propósitos, mayor ganancia de realidad tenía el nuevo elemento. De ser una mísera piedra, bastante fea e imperfecta, titubeante... el imán pasaba a convertirse en un *actante* de pleno derecho en la escena magnética.

¹⁷¹ En *DM II*, 22, p. 90, se nos dice lo siguiente: «[cuerpos] [m]agnéticos en conjunción hacen un [todo] magnético. Según aumente la masa, se incrementa también el vigor magnético».

¹⁷² En *DM II*, 23, p. 91 encontramos que: «Una magnetita, sometida a un calor muy intenso, pierde algo de su virtud, dado que se libera su humor, por lo que su peculiar naturaleza se estropea». Lo cual podría ser una tentativa de explicación del llamado 'punto Curie', ese momento en el que el imán pierde su vigor debido a la acción de un calor excesivo.

¹⁷³ Por *imán armado* (*magnes armatus*) entendemos un imán provisto de un casquito de hierro o acero, esto es, «una pequeña lámina redonda, de forma cóncava» (*DM II*, 17, p. 86). La explicación de Gilbert es sustancialmente diferente de la que daría posteriormente Galileo; para el autor isabelino, el aumento de la fuerza se debe al contacto mutuo entre piezas de hierro, con lo que el imán se tornaría capaz de mantener mayores pesos, pese a que la *coitio* fuese menor. Para el matemático pisano, en cambio, el aumento de la fuerza atractiva estaba más relacionada con aspectos más pedestres, achacable al acabado final de las superficies, que posibilitaba una mayor superficie de contacto. De este modo, «las superficies de dos hierros que van a tocarse, debido a que son exquisitamente planas, pulidas y limpias, se unen tan exactamente que los infinitos puntos de una se encuentran con los infinitos puntos de la otra, de modo que los filamentos (por así decir) que unen los dos hierros son mucho más numerosos que los que unen imán y hierro, debido a que la sustancia del imán es más porosa y menos pura [sincera]» (Galileo [1634] 1995, p. 351).

¹⁷⁴ *DM II*, 17, pp. 86-87. Aquí nos llama la atención la variante terminológica introducida al hablar, no de polos contrarios u opuestos, sino *concurrentes*. La unión de imanes armados se traduce en una mayor fuerza atractiva (o interactiva).

¹⁷⁵ *DM II*, 17, p. 87.

2.2.2. Segunda transformación: de la Tierra a la terrella.

La segunda transformación está bastante relacionada con la anterior, si bien sus implicaciones son aún mayores desde el punto de vista filosófico. Partimos de la base de que la industria humana ha creado tres tipos de imanes, que difieren en cuanto a morfología y propiedades: los esféricos, los ovalados, y los alargados. Gilbert se decantará finalmente por realizar la mayoría de sus experimentos, al igual que había hecho Peregrinus anteriormente, con un imán al que le había conferido artificialmente la forma esférica, con el fin de obtener un modelo (idealizado) de la Tierra misma sobre el cual intervenir experimentalmente:

«Pero puesto que la forma esférica, que es también la más perfecta, concuerda mejor con la tierra, que es una esfera, y es la más apropiada para el uso y el experimento, por consiguiente deseamos que se hagan nuestras principales demostraciones con un imán de forma esférica al ser el más perfecto y el mejor adaptado para dichos propósitos [...] La piedra así preparada es un verdadero, homogéneo, descendiente de la tierra, y de la misma forma que ella [...]»¹⁷⁶.

Este imán esférico es la *terrella* o «pequeña Tierra», que deviene en la piedra angular de su trabajo experimental, y funcionará asimismo como un modelo físico de la Tierra misma. De hecho, la Tierra para Gilbert es esencialmente esférica, con un diámetro aproximado de 1718 millas alemanas (*DMS* II. 6, 129)¹⁷⁷. Las aparentes irregularidades de la misma, bien sea bajo la forma de profundidades oceánicas y elevaciones del terreno, o bien sea la mera alternancia de superficies sólidas y húmedas, no constituirían más que variaciones ínfimas en referencia a la totalidad (*DMS* II. 1, pp. 107-108). La *terrella* sería, pues, un instrumento que encaja dentro de la categoría de *modelo* expuesta por Baird 2004, pp. 21 y ss. Esta novedosa relación entre la Tierra y la *terrella* no es únicamente de *isomorfía estructural*. Antes bien, el requisito fundamental estriba en lo que Aristóteles entendía como *causa material*¹⁷⁸, en tanto muestra de la verdadera sustancia de la Tierra (*DM* I. 16, p. 37), puesto que ésta no sólo se comporta *como*, sino que *es*, un imán de dimensiones colosales (*DM* I. 17, p. 39; *DMS* II. 1, p. 107). La analogía entre la Tierra y la *terrella* se llevó al extremo de postular que esta última contenía igualmente polos y ecuador, pero no como si fueran meros artificios matemáticos, sino efectivamente *reales*

¹⁷⁶ *DM* I. 3, p. 12.

¹⁷⁷ Si asumimos que cada milla alemana equivaldría a 7'5 km, el producto resultante arrojaría la cantidad de 12.885 km de diámetro (presumiblemente ecuatorial), una cifra razonablemente aproximada.

¹⁷⁸ Aristóteles definía esta *causa material* como «el constitutivo interno de lo que algo está hecho» (*Física* II. 3, 194b).

(*DM VI. 1, 211; DMS II. 11, p. 159*), que adquirirían sus propiedades al ajustarse a las reglas impuestas por la propia Tierra, hacia la que todo cuerpo magnético se conformaría y se supeditaría (*DM I. 4, p. 14*). Reales serían también los meridianos magnéticos, en tanto que muestra representativa del poder direccional del imán. En contrapartida, en opinión de Gilbert, no serían reales los trópicos ni los Círculos polares (*DM II. 8, p. 78*). Al afirmar esto, y conceder visos de realidad física a lo postulado por los cosmógrafos, Gilbert abandonaba cualquier atisbo de funcionalismo.

Gilbert empleó, en íntima asociación con la *terrella*, un electroscopio o *versorium*, esto es, una aguja metálica muy ligera, de tres o cuatro dedos de tamaño, que descansaba horizontalmente sobre un punto y con la facultad de moverse libremente en virtud de la influencia ejercida por el campo magnético ejercido por un imán, realizado siguiendo el modelo de la aguja magnética. Lo realmente *novedoso* en este caso no es la invención de este artilugio como tal, sino su empleo como instrumento con fines *científicos*, destinado especialmente a la investigación de las atracciones eléctrica y magnética. El *versorium* puede subsumirse dentro de la categoría de *aparatos* sugerida por Baird 2004: éstos se caracterizan por apelar, principalmente, a criterios pragmáticos de acción efectiva. El *versorium* rotaba libremente en tres direcciones, y tenía la función de demostrar, en primer lugar, que la materia magnética no se movía en línea recta, sino que describía círculos, trayectoria reservada tradicionalmente en exclusiva a los cuerpos celestes. Asociado a la *terrella*, su primera tarea consistía en buscar los polos del imán para, en un segundo momento, identificarlos.

A pesar de la indudable influencia ejercida por Peregrinus, Gilbert afirmaba que la aguja de la brújula no apunta estrictamente hacia los polos geográficos, sino más bien hacia los polos magnéticos. Gracias a la *terrella*, Gilbert postuló un modelo axial bipolar para nuestro globo terrestre (Jonkers 2003, p. 33)¹⁷⁹, lo que suponía un cierto avance respecto a Peregrinus: ahora los polos magnéticos no eran una traducción de los geográficos ni se constituían a su imagen y semejanza. No coincidían estrictamente con éstos porque el eje imaginario que los unía difería al imaginado hasta entonces por los

¹⁷⁹ Este modelo refiere, en síntesis, a una concepción mediante la cual los polos, situados en las antípodas el uno del otro, se disponen formando un ángulo en relación al eje de rotación terrestre. Pumfrey defiende, por su parte, que la evidencia favorable a la analogía Tierra- *terrella* era consistente tanto con un modelo dipolar axial como inclinado, al establecer una distinción meramente analítica entre los polos geográficos y los magnéticos (Pumfrey [2002a] 2003, p. 143).

matemáticos y los astrónomos. Además, a diferencia de lo que se había postulado anteriormente, el polo Norte del imán no iba a apuntar a su homólogo en los cielos, sino que sería el polo sur del imán el que apuntase hacia el Norte, y viceversa (*DM III*. 1, p. 115).

Dada la feliz asociación que había establecido con la *terrella*, el *versorium* posibilitaba, en última instancia, que esta última fuese considerada asimismo como un modelo adecuado de la Tierra misma. En el capítulo dedicado al «uso y excelencia de los Versoria», podemos leer lo siguiente:

«Una aguja de hierro –el alma de la brújula náutica, el maravilloso director de los viajes, y casi podríamos decir el ‘dedo de Dios’-, indica el rumbo, y ha señalado el camino completo alrededor de la tierra, desconocido durante tanto tiempo. Los españoles, al igual que los ingleses, han circumnavegado frecuentemente el globo completo, mediante un circuito inmenso, con la ayuda de la brújula náutica. Aquellos que viajan por el mundo o quienes permanecen en casa sentados tienen relojes de sol (sun-dials). Un puntero magnético sigue y busca las venas de los lingotes en las minas. Gracias a su ayuda, al tomar las ciudades se llega a las minas [...] Sobre ella dependen instrumentos diseñados para investigar su propia inclinación y su variación»¹⁸⁰.

De modo sintético puede afirmarse que Gilbert, con la ayuda de una *terrella* y un *versorium*, realizó experimentos sobre la polaridad y sobre la naturaleza de las atracciones eléctrica y magnética. Las repercusiones generadas por el uso de la *terrella* van más allá de lo teórico, como podía suponer la necesidad de una teoría de la materia alternativa a la aristotélica (Freudenthal 1983, p. 24). Entre *terrellae* y *versoria*, Gilbert fue capaz de establecer una tipología de los diferentes movimientos magnéticos, que estimó cinco, aunque, según él, podían reducirse a uno directo y otros indirectos o rotacionales.

2.2.2.1. La *coitio*, o la unión carnal entre el imán y el hierro.

El primero de estos movimientos era la *coitio*, que definía como el movimiento primario, directo y fundamental, entendido como un impulso a la unión magnética, que se concebía, de suyo, como una de las dos variantes fenoménicas de cuerpos que atraen a otros de modo tal que pudiese ser percibido por nuestros sentidos:

«Nosotros decimos *coitio*, no *atracción*. Desafortunadamente, la palabra

¹⁸⁰ *DM III*. 17, p. 147. Aquí establece una *liasion* entre las dos vertientes del *DM*, la teórica y la práctica, anticipando con ello parte del *leit motiv* del capítulo siguiente.

atracción entró con sigilo en la filosofía magnética desde la ignorancia de los antiguos porque, donde hay atracción, parece que se aplica fuerza y domina una violencia imperiosa. Si alguna vez se habla de atracción magnética, entendemos por ello *coitio* magnética, o un primario correr juntos»¹⁸¹.

Ahora bien, ¿por qué Gilbert escoge el término *coitio* para referirse a lo que tradicionalmente se ha venido definiendo como *atracción*? En nuestra opinión, esta discrepancia terminológica no responde, desde luego, a un capricho del autor. Más bien, la diferencia estriba en una cuestión de matiz, que incluso puede admitir una lectura en clave política, que se explorará posteriormente: con el término *atracción* se da a entender, en opinión de Gilbert, que la acción que un cuerpo ejerce sobre otro es tiránica y violenta, y hace que este segundo cuerpo se someta a los designios del primero. En cambio, con la *coitio*

«[...] no se ejerce violencia alguna sobre los cuerpos, no hay lucha ni discordia, sino que aquí tenemos esa concordia sin la cual el Universo se haría pedazos [...] una mutua concurrencia de sus principales fuerzas que tienden a la fundamentación, continuidad, posición, dirección y la unidad»¹⁸².

Esta *coitio*, además, se explica metafóricamente como el acto de «unión sexual» entre la piedra imán y el hierro, de ahí la genealogía del vocablo. Pero, recalca, «no de cualquiera de ellos por separado [...] Es una acción mutua en vez de una simpatía [...] es una acción de cada uno de los dos hacia la unidad» (*DM II. 4*, p. 68) producto de la tendencia latente en el seno de cada uno. La otra variante, en opinión de Gilbert, era la que correspondía a la *atracción eléctrica* (del griego *elektron*), propio de sustancias como el ámbar; la fuerza que se manifestaba en este caso tenía un carácter sustancialmente diferente de la observada en la interacción magnética, puesto que se revelaba menos estable que la magnética. Gilbert la explicaba mediante una suerte de *atomismo no comprensivo*, apelando a un cierto materialismo corpuscular de la materia. En este caso, la atracción se consuma mediante la acción de efluvios naturales o, si se quiere, materiales, que progresarían siguiendo una trayectoria rectilínea a través del aire desde el cuerpo emisor de la fuente eléctrica:

«Toda atracción eléctrica ocurre a través de un humor interviniente; así que

¹⁸¹ *DM II. 3*, p. 60. A diferencia de la atracción, ésta no ejerce violencia ni dominio alguno sobre el cuerpo. El término *coitio*, más allá de su carga sexual, nos sugiere también ciertas connotaciones políticas y éticas, quizás como traducción de la *commonwealth* que quería ser practicada en las colonias como alternativa al modelo español, basado en la explotación, los saqueos, el abuso, la violencia y el sometimiento.

¹⁸² *DM II. 4*, 67-68.

es por la causa del humor que todas las cosas se encuentran mutuamente [...]»¹⁸³.

El efecto encontrado en el ámbar se hallaría presente también en otras sustancias, como el diamante, el zafiro, el ópalo, la amatista... así como en el vidrio o el azufre (*DM II. 2*, p. 48). En suma, tales sustancias atraerían de todo, siempre que fuesen objetos de poco peso; y lo harían, además, de un modo nada selectivo, con lo que el producto resultante aparecería ante nuestros ojos como un conglomerado *in-forme* de materia. Esta diferenciación entre sustancias *eléctricas* y *magnéticas* tiene raíces metafísicas: para Gilbert, y en este punto es deudor del aristotelismo, la Materia y la Forma eran los principios que se han establecido en el mundo para la generación de las sustancias (*DM II. 2*, p. 52). Los cuerpos devienen *eléctricos* debido a la materia, emitiendo, en consecuencia, un efluvio material. En cambio, era la Forma quien se hallaría presente en los magnéticos, con lo que el imán desprendería un efluvio de tipo formal, dándose entre ambas sustancias, además, una cierta jerarquía por medio de la cual se afirmaría de una su nobleza en función de su potencia y su selectiva *con-formación* regulada. Ello permitía que los magnéticos fuesen capaces de soportar mayor cantidad proporcional de peso, aunque únicamente entre los cuerpos que resultaban afines. Pero, así como hay una diferencia entre ambos fenómenos desde las premisas de partida, notables serían también las diferencias en cuanto a sus efectos. En primer lugar, los eléctricos atraerían en línea recta hacia el centro del eléctrico; en cambio, los imanes concentrarían su vigor en los polos (*DM II. 2*, p. 60). Y, lo que es aún más importante, que sólo los magnéticos eran susceptibles de *transformar* el cuerpo afectado como resultado de la transmisión de su *virtus*, no así los eléctricos, mediante cuya acción permanecían inmutables los cuerpos a los que atrae (*DM II. 4*, p. 65).

Con esta distinción entre la fenomenología ocasionada tanto por la acción del imán, como por la generada por la presencia de sustancias como el ámbar, Gilbert ofrecía en realidad una meritoria *síntesis* de los planteamientos teóricos tradicionales sobre la cuestión del magnetismo en su vertiente teórica, que bautizamos en este trabajo como P₁. Esto es, nos ofrecía una explicación bastante solidaria con la tradición metafísica clásica, de raigambre medieval, para explicar la interacción magnética, mientras que reservaba una

¹⁸³ *DM II. 2*, p. 58.

opción materialista para dar cuenta de la atracción eléctrica. No sabemos si a pesar de ello, o precisamente en virtud de ello, cabe considerar como sus principales aportaciones a la teoría electromagnética los siguientes aspectos: en primer lugar, una iniciación al estudio sistemático de los fenómenos eléctricos, como fenómeno diferenciado de los fenómenos magnéticos, si bien posteriormente se reunirían bajo el epígrafe de *electromagnéticos*¹⁸⁴. La otra contribución estriba en la formulación, de un modo bastante rudimentario todavía, de una suerte de *teoría de campos*, que constituiría un germen de la formulada por Faraday. En este sentido, un *orbis virtutis* circunda el cuerpo magnético conforme a su vigor y su calidad; si el cuerpo es esférico, la *esfera de influencia* es isomorfa. El *orbis virtutis* será proporcional siempre a la distancia y a las dimensiones del imán. El imán simplemente *excita* o estimula a los cuerpos magnéticos situados dentro de dicha *esfera de influencia*, dentro de cuyos límites estaría presente la energía magnética¹⁸⁵.

A partir de este momento, Gilbert iba dedicando el resto de los libros a cada uno de los movimientos magnéticos restantes, hasta acabar en el definitivo sexto y último, en el que justificó un determinado ordenamiento del Universo conocido hasta entonces como resultado del juego de las fuerzas magnéticas.

2.2.2.2. La *directio*, el alma de la brújula.

Gilbert dedicó el Libro III del *De Magnete* a estudiar la fuerza directiva básica, aquella que confiere a la aguja imantada la propiedad de alinearse, aproximadamente, en la dirección Norte-Sur. Esta orientación del imán no era producto, en opinión de Gilbert, de la atracción de los polos, a pesar de que en ellos la fuerza magnética adquiere mayor intensidad como producto de la concentración de las fuerzas emanadas del imán. No obstante, a pesar del carácter privilegiado de los polos, al ser en donde mayor *virtus* reside, (*DM* II. 5, pp. 71-72), éstos meramente se constituirían como límites de la *dirección* y la *posición* (*DM* II. 13, p. 81). Pese a ser los puntos en los que se concentra la energía magnética, la fuerza o poder direccional sería una propiedad de todo el objeto, bien fuese

¹⁸⁴ Curiosamente, también reconoce que la atracción generada por sustancias como el ámbar debería investigarse «más profundamente» en un futuro (*DM* II. 2, p. 53).

¹⁸⁵ Ante la ausencia de cuerpo magnético alguno, ni la fuerza magnética se inhibe ni es devuelta nuevamente al cuerpo magnético. Se trataría, entonces, de una nueva versión del clásico principio de la donación-sin-merma típico del neoplatonismo.

la Tierra, bien la *terrella*. Es decir, que la *verdadera dirección*, inherente a todo cuerpo magnético, se establecería en virtud de la cooperación entre el movimiento de un cuerpo magnético en función de la *verticitas* de la Tierra (*DM III. 1*, p. 118). La *verticitas* fija existiría únicamente en el polo. Por ello entendía que la *directio* sería más acusada en la equinoccial (*DM II. 5*, p. 72), puesto que un alambre se mantiene en posición horizontal dado que la fuerza que allí residiría sería mucho más débil. La *verticitas* de un imán, por tanto, estaría en relación tanto con su polaridad como con su direccionalidad. Esto es, la *directio* observada en una aguja magnética sería una manifestación de la forma en la orientación de los cuerpos magnéticos. La «energía formal» del imán no saldría con el mismo ángulo desde todos los puntos de la superficie, al observarse cambios direccionales de las líneas de un campo magnético. Gilbert nos advertía de que:

« [...] este apuntar de la piedra imán o del hierro no se hace a perpetuidad hacia los polos verdaderos del mundo [...] sino que usualmente diverge un tanto al Este o hacia el Oeste»¹⁸⁶.

Y con esta aserción entramos de lleno en el siguiente apartado, dedicado a la variación de la aguja magnética. El fragmento anterior nos pone sobre la pista de que el *versorium*, que seguía el modelo del compás náutico, necesitaba *asociarse*, además, con otros instrumentos auxiliares para consolidar una red que estaba en proceso de consolidación. Aunque en Gilbert subyace un esfuerzo por expresar, matemáticamente, la *directio*, las construcciones geométricas por él trazadas no resultaron del todo correctas. No obstante, intuyó correctamente que el ángulo de la dirección magnética cambia de alguna forma compleja entre la horizontal en el ecuador y la vertical en los polos. Será en los Libros IV y V, dedicados respectivamente al análisis de la *variatio* y la *declinatio*, en donde Gilbert se muestra más cercano a la tradición matemática aplicada, que se traduce en una llamativa familiaridad con la tradición empírica e instrumental inglesa vinculada a la navegación.

2.2.2.3. La *variatio*, o cómo se pervierte la verdadera dirección.

El Libro IV del *De Magnete*, dedicado en exclusiva a la *variatio*, proporcionó la primera explicación coherente y plausible de la dirección tomada por la brújula, integrada en un sistema, y fue posible únicamente gracias al empleo de la *terrella*. El tratamiento que

¹⁸⁶ *DM III. 1*, pp. 115- 116.

hizo Gilbert del problema de la variación magnética se ajusta precisamente a la tradición empirista y escéptica isabelina. En este sentido, la solución planteada por Gilbert no es más que una promoción teórica de la decisión inglesa y holandesa de concentrarse en la tabulación minuciosa de los datos locales, de atender a los datos empíricos (Pumfrey 1987a, p. 260). Al dedicar un libro entero, y por ello una categoría completa de movimiento magnético, Gilbert reificó la inquietud de los marineros de las altas latitudes: él se apoyaba en la información de los exploradores de las vías septentrionales, rechazando con ello los esquemas regulares típicos propuestos por autores normalmente extranjeros. La solución propuesta estaba condicionada por tres premisas fundamentales: en primer lugar, la asunción de que la causa del comportamiento de la aguja se hallaba en el interior de la propia Tierra; seguidamente, le guiaba el deseo de mantener una distribución esencialmente ordenada y geométrica de la dirección de la aguja magnética, como resultado de la forma perfectamente esférica del *orbis virtutis* emanado de la propia Tierra; y, finalmente, los valores determinados empíricamente, que no parecían someterse a regularidades *a priori* subyacentes. Casi al comienzo del *De Magnete*, Gilbert hace toda una declaración de intenciones, al referir lo siguiente, no exento de cierta contundencia:

«Esto debería entenderlo y retenerlo firmemente en la memoria, que un imán fuerte, y el hierro tocado con él, no apuntan invariablemente al polo verdadero sino al punto de variación»¹⁸⁷.

Dicho con otras palabras, la variación (declinación) magnética es el ángulo formado entre el norte magnético verdadero y el norte hacia el que señala la aguja magnética. Técnicamente hablando, pues:

«Esta variación [declinación], observada por medio de instrumentos o un compás náutico de variación, es por ello el arco del horizonte entre el punto común de intersección de ella [la aguja magnética] con el meridiano verdadero, y el término de la desviación del horizonte o proyección de la aguja desviada. Este arco varía y difiere con el cambio de localización»¹⁸⁸.

Gilbert resolvió el dilema al diferenciar analíticamente el resultado del movimiento seguido por la aguja magnética en un doble componente: el principal era la propiedad directiva básica Norte- Sur. Pero era patente un incómodo movimiento subsidiario, en función de lo expresado por Gilbert:

«Ya que la dirección es un movimiento derivado del poder de la tierra en su

¹⁸⁷ *DM* I. 12, p. 31.

¹⁸⁸ *DM* IV. 1, pp. 151-152.

totalidad, no de la atracción de colina alguna [...] la variación (que es una *perturbación* de la dirección) es una *aberración* del poder real de rotación que surge de las grandes desigualdades de la tierra»¹⁸⁹.

Esta discrepancia, en opinión de Gilbert, era «meramente una cierta molestia y perversión de la verdadera dirección» (*DM III*. 1, p. 116). Más aún, se trataba de una «desviación respecto del meridiano, que consideramos un movimiento pervertido» (*DM II*. 1, p. 46). En esta misma línea se reafirmaría más adelante, al referirse a ella incluso como «una desviación depravada respecto de un meridiano» (*DM II*. 10, p. 79). Variación que cambiaba en función del lugar, sin obedecer al patrón de meridiano alguno, hasta el punto de registrar un cambio de sentido. Esto hacía que la distribución de la línea de *variación cero* describiese una trayectoria tortuosa y errática. Sin embargo, «el arco de variación permanece idéntico en el mismo lugar o región, bien esté en el mar o en tierra» (*DM IV*. 3, p. 159). Es decir, que la variación como tal no sería más que una desviación de carácter accidental causada por las propias salidas irregulares de la Tierra de una homogénea esfera magnética, visible superficialmente como la corteza de las masas continentales y oceánicas. Para Gilbert,

«la tierra es causa de esta variación e inclinación hacia un punto diferente del horizonte [...] la experiencia nos enseña que no hay semejante polo definido ni término fijo de la tierra para dar cuenta de la variación. Porque los arcos de variación varían erráticamente, no sólo en diferentes meridianos sino también sobre el mismo meridiano»¹⁹⁰.

Esto es,

«no tanto a causa de las partes terrestres más prominentes e imperfectas, cuanto por la desigualdad de la esfera magnética, y a causa de la tierra real, que sobresale más sobre las tierras continentales que bajo la profundidad de los mares»¹⁹¹.

A esta conclusión llegó tras sus reiterados experimentos con la *terrella*. Prueba del carácter accidental y subsidiario de la variación es que Gilbert encontró que:

«[...] en una *terrella* que es perfecta, e incluso similar en todas sus partes, a igual distancias en el polo, no hay variación»¹⁹².

Ahora bien, para reproducir las condiciones *reales*, la variación se añadió *ad hoc*

¹⁸⁹ *DM IV*. 5, p. 161. La cursiva es nuestra.

¹⁹⁰ *DM IV*. 1, p. 152.

¹⁹¹ *DM IV*. 1, p. 153.

¹⁹² *DM IV*. 2, p. 158.

posteriormente a base de modificar conscientemente el modelo con el fin de incluir valles, depresiones... en suma, accidentes orográficos notables. Al realizar esto, Gilbert *desidealizaba* su modelo, pretendiendo establecer una analogía entre el efecto de introducir deformidades sobre la dirección de una aguja, y el esquema de variación sobre la Tierra. Lo problemático era que los desniveles no resultaban proporcionales a los que de hecho se dan en la esfera terrestre. De este modo, Gilbert pudo concluir que las agujas apuntarían, básicamente, al Norte verdadero, y no a un punto magnético cualquiera. Y, como resultado de su trabajo en condiciones ideales, postuló, como regla general, lo siguiente:

«La variación (*caeteris paribus*) es siempre menor cerca del ecuador, y mayor en altas latitudes, con la limitación de que no debe estar muy cerca del polo mismo»¹⁹³.

La variación, por tanto, mostraría una relación inversamente proporcional a la dirección, noción que reafirmaría con posterioridad: «Cuanto mayor sea la latitud, mayor será (*caeteris paribus*) la variación» (*DM IV. 4*, p. 160). Un punto crucial dentro de la teoría de Gilbert era que esta variación, aunque irregular porque no obedecía al patrón de meridiano alguno, permanecía invariable salvo catástrofe:

«A menos que haya una gran disolución de un continente y un hundimiento de la tierra [...], la variación continuará perpetuamente inmutable; permanece el mismo arco de variación en el mismo lugar o región, esté en el mar o en tierra firme [...]»¹⁹⁴.

Para medir el grado de variación (o, más modernamente, declinación) de la aguja magnética, Gilbert planteó el diseño de dos *declinómetros*¹⁹⁵. En tanto que *instrumentos matemáticos* (Rioja y Ordóñez 1999) o *de medición* (Baird 2004), estos prototipos suponen un estadio híbrido entre los *modelos* (como la *terrella*) y los *aparatos* (como el *versorium*), con lo que realizan una *síntesis epistémica*: funcionan (como los aparatos) con el objetivo de representar (como los modelos). Se restringen a medir magnitudes geométricas angulares, y por ello pueden considerarse filosóficamente *neutrales*. No obstante,

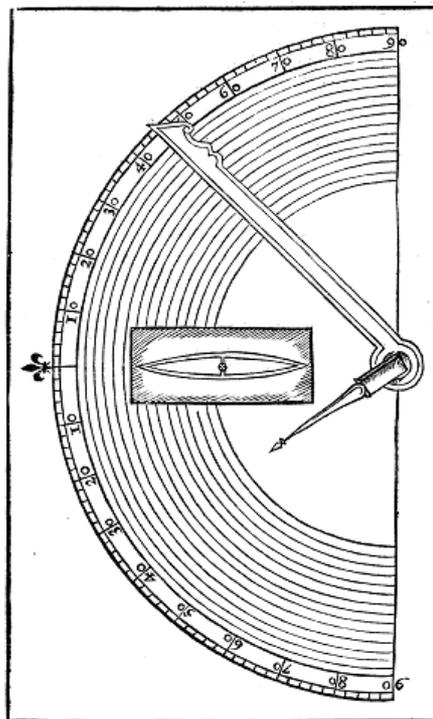
¹⁹³ *DM IV. 1*, p. 154. Concepto en el que se reafirmaría un poco más adelante, concretamente en *DM IV. 4*, p. 160.

¹⁹⁴ *DM IV. 3*, p. 159. Así, por ejemplo, para la ciudad de Londres, el valor registrado era de 11° y 1/3 (*DM IV. 7*, p. 163).

¹⁹⁵ En origen, estos instrumentos tienen en común que no fueron estrictamente inventados por Gilbert, aunque sí que hay diferencias en los diseños con respecto a otros prototipos previamente en uso. Hasta donde alcanza nuestro limitado conocimiento, parece ser que el primer declinómetro fue inventado en 1525 por el boticario sevillano Felipe Guillén. Francisco Falero intentó probar fortuna con un ingenio alternativo, al igual que Pedro Nunes. Más cercanos a la experiencia náutica inglesa, tenemos los diseños aportados por William Borough en su *Discourse of the Variation of the Compass* (London, 1581) y por Simon Stevin en *De Havenvindig* (Amsterdam, 1599).

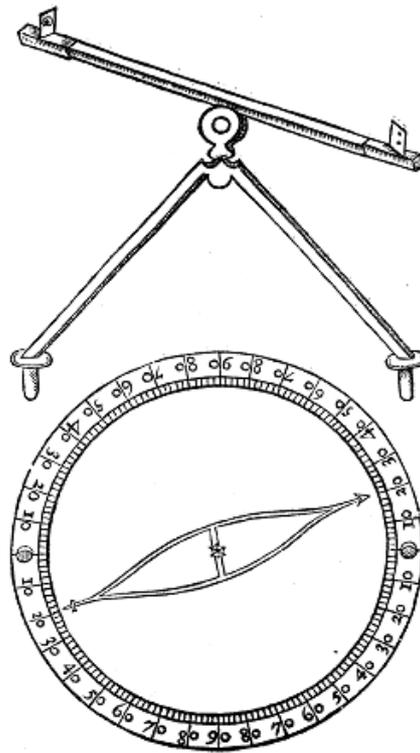
constituyen ejemplos de *conocimiento encapsulado*. Entre sus características se encuentra su capacidad para crear fenómenos, esto es, de generar una señal que, debidamente *transformada*, proporciona una información que difícilmente podríamos obtener por otros medios.

El primero de estos declinómetros consistiría en una tabla gruesa de madera, con semicírculos concéntricos inscritos en ella. En el centro de la misma se levantaría una especie de pluma (*stilus*) de latón; un puntero rotatorio, concéntrico a la pluma, iría desde el centro al círculo exterior. El kit se completaría con un *versorium* dispuesto en una urna cerrada con tapa de cristal, el cual serviría de referencia para el puntero. Tras girar la aguja indicadora tomando como referencia el norte, el *versorium* adicional mostraría el grado de variación. En horario matutino se recomendaba comprobar la sombra dejada por la pluma cuando ésta alcanzase el semicírculo más cercano; tras marcarla, había que girar el puntero hasta ese lugar, y tomar nota del número de grados en el horizonte marcados por el puntero. Por la tarde había además que comprobar el momento en el que la sombra alcanzase nuevamente la periferia del semicírculo y, tras desplazar hacia allí el puntero, había que registrar los grados mostrados en el otro extremo del mismo. La variación se calcularía mediante la diferencia obtenida en grados.



[Imagen del primer declinómetro descrito, en *DM IV. 12*, p. 171].

El segundo, un compás náutico meridional, estaba especialmente indicado para su uso en alta mar. Éste consistiría en una especie de urna que alojaría en su interior una brújula en suspensión. En el extremo de esta última se levantarían unos cuadrantes que, a su vez, sostendrían un círculo en posición vertical, cuya cima debería ser perpendicular al plano del compás. En la parte alta iría encajada una regla, cuya mitad coincidiría con el eje central. Los extremos de la regla contendrían pequeñas guías con hoyos, a través de los cuales se observarían el Sol y las estrellas. En principio, la idea es que resultase especialmente útil en la salida y la puesta del Sol. Si el Sol se hallase en otra parte de la línea zodiacal, necesitaríamos conocer, en ese caso, la altitud del polo.



[Segundo declinómetro diseñado por Gilbert para su uso en alta mar, en *DM IV*. 12, p. 173].

De todo esto se desprendería que el valor de variación resultaría potencialmente predecible, aunque para ello se requería un conocimiento detallado de la geología local. Y, bajo estas premisas, Gilbert diagnosticó el estado en el que se encontraban las diferentes observaciones realizadas del siguiente modo:

«Las observaciones de la *variatio* realizadas por los marineros varían, en su mayor parte, y son inciertas, parcialmente debido al error y a la inexperiencia, y a las imperfecciones de los instrumentos; y parcialmente por

el mar, dado que rara vez está en calma, y las luces o sombras pueden
noviarse de los instrumentos»¹⁹⁶.

Precisamente, la coexistencia de estos tres condicionantes –el factor humano, la vertiente técnica y los imponderables-, que dificultaban *prima facie* la recogida de datos, así como la comparación de los mismos, proporcionaba un blindaje colateral a la teoría de Gilbert sobre la variación magnética que la hacía invulnerable al requisito popperiano de la falsabilidad. Dado que los registros previos de la variación, así como los contemporáneos a Gilbert, resultaban ser poco fiables, no cabía prestar demasiada atención a las contradicciones en las que incurría la evidencia observacional, en la medida en que los protocolos de observación estaban continuamente bajo sospecha. Y es precisamente esta irrefutabilidad lo que garantizó la supervivencia de la teoría de Gilbert, incluso cuando desde otros frentes se discutía su filosofía magnética en su totalidad (Pumfrey 1987a, p. 268). Como consecuencia, la respuesta de Gilbert al problema de la variación magnética adquirió rápidamente el status de ortodoxia en Inglaterra, y en torno a ella se posicionaron los círculos ingleses comprometidos con las mejoras en la navegación. Al fin y al cabo Gilbert proporcionaba una elegante explicación física para dar cuenta de dicho fenómeno.

2.2.2.4. La *declinatio*, o cómo ir con Norman más allá de Norman.

Respecto a la *declinatio*, o el movimiento de inclinación por debajo de la horizontal de la aguja magnética, en líneas generales Gilbert asumió e integró los resultados de Norman, si bien se desmarcó explicativamente de él. A diferencia de la *variatio*, la *declinatio* se revelaba proporcional a la latitud. Así pues, en los polos, la inclinación sería de 90°, coincidiendo con el apogeo de la *verticitas*; en cambio, en el ecuador, donde predominaría la *directio*, sería de 0°. Entre ambos puntos se daría un abanico continuo de valores, lo que supone haber encontrado una cierta *ley* o generalización empírica, dado su carácter fundamentalmente cualitativo. Con la *terrella* Gilbert demostraba, además, la *variación de la inclinación*, producto también de que la aguja seguía las deformaciones de la verdadera materia terrena de la Tierra. En cualquier caso, parece que lo que se produce en realidad es una combinatoria de fenómenos:

«Por ello hay una variación de la *declinatio*, que es el arco de un meridiano

¹⁹⁶ DM IV. 13, p. 177.

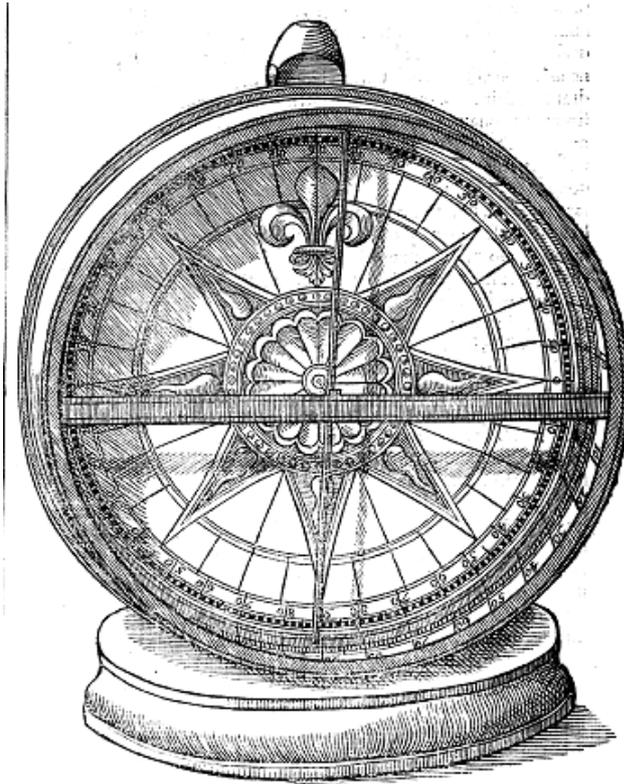
magnético entre la declinatio aparente y la verdadera»¹⁹⁷.

En cuanto al instrumental propuesto, Gilbert añadió poco al *círculo de inclinaciones* de Norman, pero contaba con la *terrella*. Esto le permitía postular, al igual que Norman, que la fuerza de atracción no era la causa *per se* de la *declinatio*, aunque no por ello la atribuía a una entelequia como la que supone un *punto respectivo*. Para Gilbert, la *declinatio* tampoco era producto de la atracción generada por los polos, sino que era el resultado de un movimiento o disposición rotacional general (*DM V. 6, 197*), con lo que la aguja no se inclinaría, estrictamente, en función de la latitud; en caso contrario, se vería condicionada por el centro de la esfera. El *versorium* no obedecería, en opinión de Gilbert, al centro del imán, sino al imán en cuanto totalidad, a su masa, a los límites exteriores...

Para dar cuenta del grado de inclinación magnética de la aguja por debajo de la horizontal, Gilbert diseñó dos *inclinómetros*¹⁹⁸. El primero de ellos consistiría en un tablero circular, sujeto firmemente a un poste enclavado en una base de madera. El tablero se hallaría dividido en cuatro cuadrantes, de 90° cada uno. En el centro se dispondría un clavo de latón, en cuya cabeza se habría excavado previamente un pequeño hueco, que debía estar perfectamente pulido. El instrumento se inscribiría en un círculo igualmente de latón, con una barra transversal en el centro a modo de diámetro, que representaría el horizonte. En el medio de la misma se dispondría otro huequito, opuesto al centro del instrumento, en el que se encajaría la aguja magnética. Este aparato permitía una comprobación directa y rápida de una aguja magnética de acero suspendida por un eje de hierro que atravesaba su centro, que se hacía coincidir con el centro del inclinómetro.

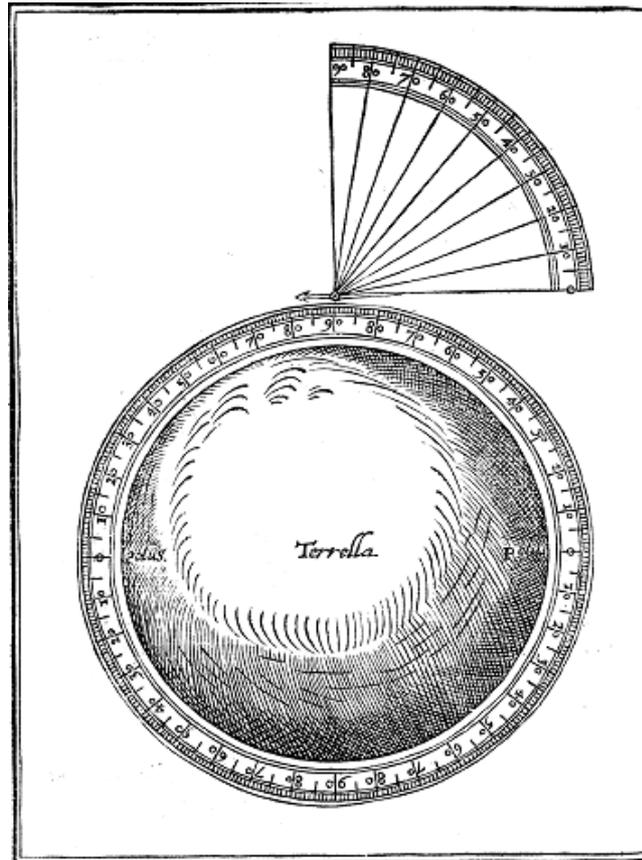
¹⁹⁷ *DM V. 10*, p. 204.

¹⁹⁸ Al tratarse de un descubrimiento más reciente, podemos afirmar que los únicos inclinómetros que precedieron a los diseñados por Gilbert, y que de alguna manera le inspiraron, eran los diseñados por Robert Norman a partir de 1576, y que recogió en *The Newe Attractiue* (London, 1581).



[Imagen del primer inclinómetro descrito por Gilbert, en *DM V. 1*, p. 185]

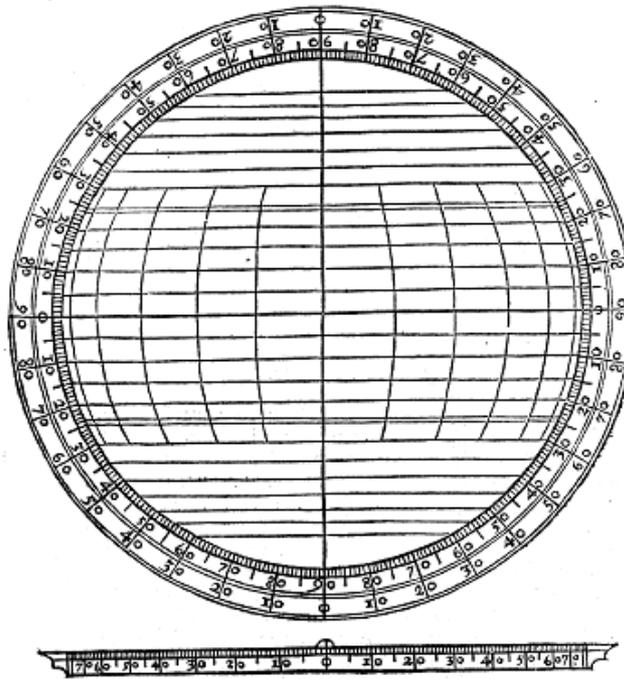
El segundo de los inclinómetros, sin embargo, era de aplicación indirecta, y servía para indicar el grado de inclinación como consecuencia de la acción de un imán. En un cuadrante de madera habría de inscribirse una cavidad hemisférica, en la que se insertaría la *terrella*. Ésta debía de sobresalir aproximadamente la mitad. En el borde de esta cavidad se dispondría igualmente un círculo alrededor de la *terrella*, dividido en cuatro cuadrantes de 90° cada uno. Según se moviese la *terrella*, un *versorium* en suspensión, dispuesto en el centro de cualquiera de los cuadrantes, registraría cambios en su posición conforme a la latitud en referencia a los polos magnéticos, y así obtendríamos el modo de calcular la *declinatio* de la aguja magnética. Nótese que el instrumento se debía *asociar* sobre una *terrella terrella* perfectamente pulida, con sus polos y su ecuador correctamente definidos.



[Segundo instrumento indicador de los grados de inclinación respecto del horizonte, de aplicación directa sobre la *terrella*, en *DM V. 3*, 192].

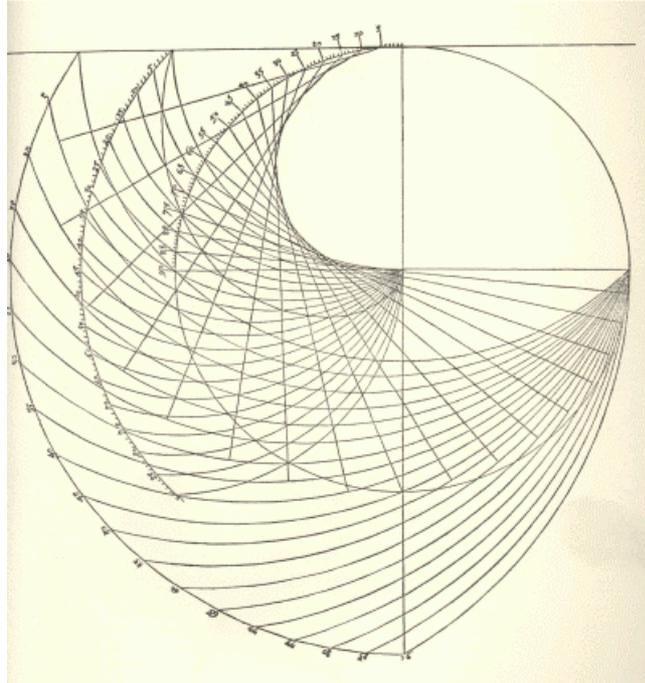
Incluso en un tercer nivel de relevancia, podemos reseñar la proyección de dos *nomogramas* o *nomógrafos*, es decir, representaciones gráficas destinadas a la simplificación de los cálculos matemáticos. El primero de ellos se trataría, básicamente, de un círculo que representaría el plano del meridiano; en él, dos diámetros se intersectarían en ángulos rectos, diviendo el círculo en cuatro cuartos de 90°. Uno de estos diámetros indicaría el círculo equinoccial; el otro, el eje del mundo. El centro, por lo tanto, representaría la intersección entre el horizonte y el ecuador; cada grado se expresaría trazando líneas paralelas al ecuador. Las líneas equidistantes del ecuador representarían los paralelos del Sol y las estrellas. Asimismo, la longitud de la alidada que se hallaría en la parte inferior debería coincidir con el diámetro del círculo, requiriéndose que se divida igualmente en las mismas partes. En el centro del círculo debería colocarse una pequeña pieza que, a su vez, se conectase al centro de la alidada. Éste es un nomograma diseñado para hallar la amplitud del *ascenso sobre el horizonte*, y poder simplificar la determinación del meridiano astronómico por medio del cálculo gráfico: una vez conocida la latitud del

lugar, se trataría de buscar su correlato en el extremo del diámetro vertical -que representa el eje del mundo, y comprobar la *línea fiducial* correspondiente; y, viceversa, conocida la declinación del Sol o de cualquier estrella, puede conocerse la latitud del lugar.



[Primer nomograma diseñado por Gilbert, en *DM IV. 12, 176*].

El segundo difería sustancialmente en el diseño respecto al anterior: alrededor de una esfera, se trazaría un círculo de rotaciones y otro de inclinaciones, junto con varios arcos de rotación e inclinación. Se trazarían, asimismo, una serie de arcos hacia el polo y hacia el centro de la esfera. El grado de inclinación en cada latitud vendría expresado por una línea espiral. Este otro nomograma se había diseñado para determinar gráficamente la latitud geográfica tras conectarla con la rotación y la inclinación, y poder ayudar así a los marineros en la medida en que prescindía de las observaciones de cuerpos celestes como el Sol y los planetas.



[Representación de la teoría de la inclinación de la aguja magnética aplicada a cada grado de latitud, en *DM V. 8*, emplazado entre las páginas 200 y 201, aunque sin pertenecer estrictamente a ninguna de ellas].

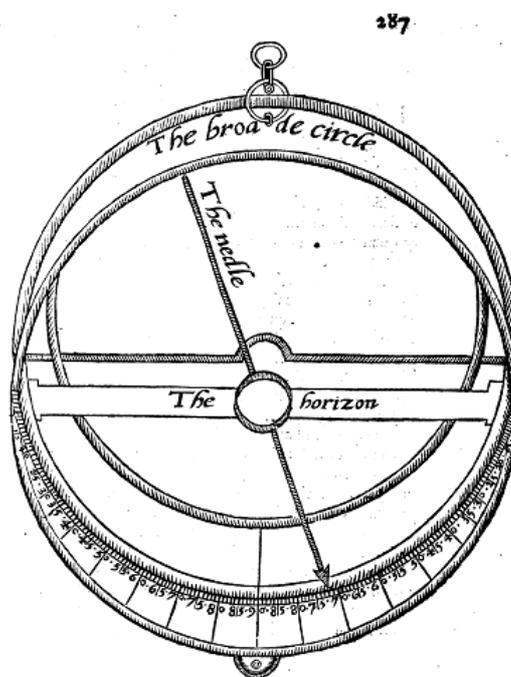
2.2.2.5. Otros instrumentos menores:

Un inventario de instrumentos empleados por Gilbert quedaría incompleto si no recogiese asimismo los que se describen en una obra de un seguidor suyo, Thomas Blundeville, que declara fueron diseñados por el eminente doctor¹⁹⁹. Lo que se propone en este caso es la acción combinada de estos dos instrumentos, uno específicamente diseñado para calcular la inclinación magnética, y el otro, cuya función era meramente auxiliar, diseñado para hallar la latitud geográfica, una vez conocida la inclinación.

El diseño del primero se asemeja al de un anillo náutico. En el interior del círculo ancho, de cinco pulgadas de diámetro, y una y media de espesor, se sitúa un círculo intermedio dividido en cuatro cuadrantes de noventa grados cada uno. En la parte superior del conjunto, se dispon una especie de anillo para que pueda permanecer suspendido. El horizonte está representado por dos finas láminas de latón opuestas entre sí. Cada una lleva inscrita un pequeño agujero, conectando ambas a través de un eje sobre el que se mueve la

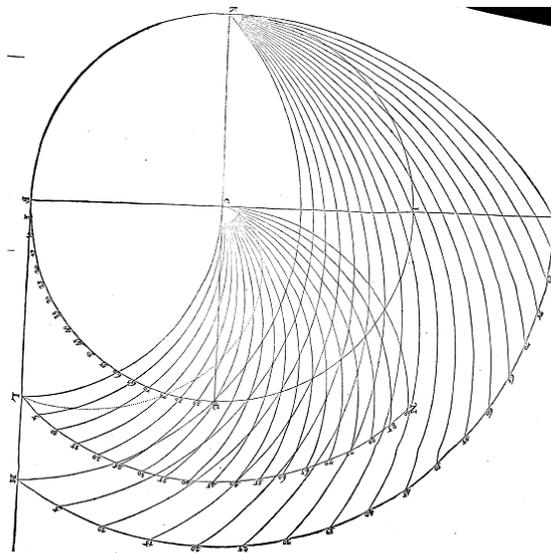
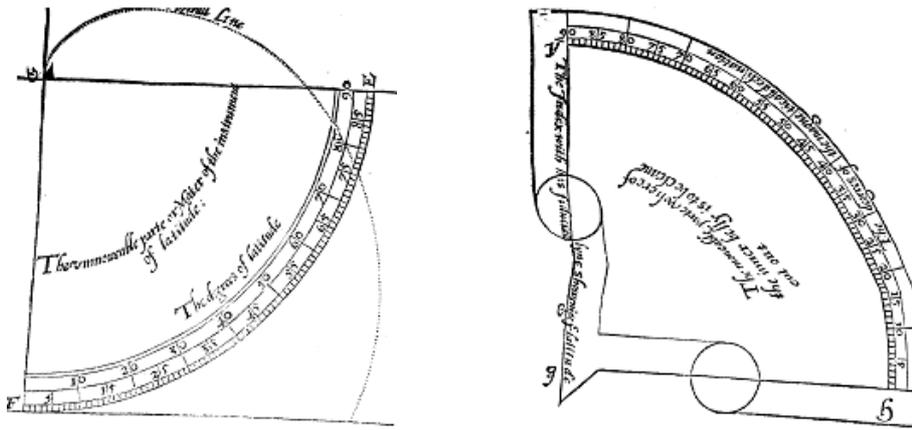
¹⁹⁹ Th. Blundeville. "The making, description, and vse, of two most ingenious and necessarie Instruments for Sea-men... First invented by M[aster]. Doctor Gilbert". En: Th. Blundeville, *The Theoriques of the Seuen Planets...* (London, 1602). En adelante, *TSP*.

aguja, que ha de ser más pequeña en un extremo que en otro. Para utilizar el instrumento se recomienda, en primer lugar, situarse en un lugar a salvo de todo tipo de corrientes de aire. Una vez suspendido este instrumento, se espera a que la aguja permanezca estable para, posteriormente, marcar sobre qué grado de inclinación descansa. Seguidamente, necesitaríamos apelar al otro instrumento.



[Instrumento diseñado para el cálculo de la inclinación, en *TSP*, p. 287.]

El segundo de los instrumentos constaría de dos partes principales: una primera, móvil, consistente en un cuadrante que recoge noventa grados de inclinación, el índice y la línea fiducial. Ello operaría sobre un segundo elemento, esta vez inmóvil, consistente en un cuadrante dividido en noventa grados de latitud, y una línea espiral. El ángulo de la parte móvil debe situarse sobre el centro del cuadrante interno, de modo tal que la primera gire sobre la segunda. Tras localizar en el arco descrito por el cuadrante móvil el grado de inclinación arrojado por el primero de los instrumentos, convenía seguir la proyección de dicho guarismo inicial sobre la línea espiral y comprobar, seguidamente, sobre qué grado de latitud caían el índice y la línea fiducial.



[Imágenes de las partes componentes de este primer instrumento, en *TSP*, entre las páginas 286 y 287, aunque sin pertenecer estrictamente a ninguna de ellas. Sobre el papel, recuerda al segundo nomograma aparecido en el *De Magnete*]

Una vez certificada la idoneidad del objeto de estudio, no sólo por adentrarse en el dominio incógnito de la petrología, sino también por su utilidad para la navegación, Gilbert realizó sus ensayos preferentemente con ayuda del *versorium* y con los diferentes inclinómetros y declinómetros con gran profusión de detalles. El *versorium* creaba fenómenos como la *directio*, la *variatio*, la *declinatio* y la *revolutio*. Sin él era imposible poder registrarlos. Al igual que otros instrumentos que comparten este rango, el *versorium* se caracteriza por ser producto de una *emulación* o, dicho en otros términos, de ser resultado de una adaptación de un artilugio primigenio, en este caso la brújula, al cual se le destina un uso científico. Seguidamente, los declinómetros e inclinómetros quedarían

incluidos dentro de la categoría de *instrumentos de medición*. Pese a aparecer como *figurantes* dentro de esta escenografía, en realidad son muestras de *conocimiento encapsulado*: crean fenómenos, esto es, una señal que, debidamente registrada, proporciona una información útil para representarnos una imagen del mundo. Mediante ellos podemos medir los grados de inclinación y declinación de la aguja magnética, y echar por tierra conceptos como los del meridiano *agónico*, posible únicamente a partir del concurso de la brújula, o el del valor constante de la *variatio* en un lugar determinado.

Con el empleo de estos instrumentos, y la acción combinada de los mismos, Gilbert desarrolló su labor experimental, que presentó de un modo ordenado en el *De Magnete*, desde los experimentos más básicos sobre la polaridad, hasta la justificación de un determinado ordenamiento del cosmos. Llegados a este punto, entraríamos en lo que sería la tercera de las transformaciones detectadas, ésta cosmológica, que supone el tránsito de una Tierra inerte y estacionaria, concebida *á la Aristóteles*, a una Tierra *interactiva*. Podría cuestionarse la inclusión de esta tercera *transformación* dentro de la categoría de los puntos de no-retorno. La evidencia histórica muestra que no se seguía *necesariamente* que operar con un modelo a escala de la Tierra desembocara en la defensa de una cosmología alternativa a la aristotélico-ptolemaica. Es el caso, por ejemplo, de autores como Cabeo y Grandami, quienes encabezaron una agria respuesta teórica a las heterodoxias procedentes de un hombre de credo y prácticas protestantes.²⁰⁰

Dada su común pertenencia a la Sociedad de Jesús, no es de extrañar que entre ellos existiera un denominador común: concebir el magnetismo como un fenómeno físico que mantenía el globo terráqueo en el centro del Universo. Dicho con otras palabras, pretendían convertir la filosofía magnética en una *ciencia* aristotélica. Cabeo se opuso frontalmente al animismo de Gilbert. Mediante sus experimentos con la *terrella* y virutas de hierro, postuló la emanación de rayos de energía magnética procedentes de los polos. Aunque reconocía que la Tierra era efectivamente magnética, ésta permanecía inmóvil,

²⁰⁰ N. Cabeo, *Philosophia Magnetica, in qua Magnetis Natura penitus explicatur...* (Ferrara, 1629); y J. Grandami, *Nova demonstratio immobilitatis Terrae petita ex virtute magnetica* (La Flèche, 1645). Pero el tratado más extenso sobre magnetismo corresponde a A. Kircher, *Magnes sive de arte magnetica...* (Roma, 1641). A diferencia de los otros, Kircher encontraba inaceptable una analogía entre la Tierra y la *terrella*. Pese a ello, dedujo una cosmología magnética a partir de una relación de experimentos magnéticos mezclado con un saber erudito de la tradición. De esta suerte, el Universo estaba lleno de virtudes ocultas y simpatías mágicas, que llegaba a fundamentar magnéticamente.

pues entendía que el campo geomagnético era demasiado débil para hacer plausible la hipótesis de Gilbert de una Tierra en movimiento. Grandami, por su parte, dedujo de sus múltiples experimentos con una *terrella* giratoria, que la *virtus* magnética controlaba la orientación Norte-Sur de un imán, pero también la Este-Oeste. Por lo tanto, dicha *virtus* no sólo garantizaba la estabilidad de los polos, sino también la de los otros puntos. Reconocía que la Tierra mostraba una *virtus* magnética, pero por eso mismo no rotaba sobre sus polos, al igual que ningún otro cuerpo magnético. El geomagnetismo, en suma, era concebido como una fuerza orientadora que demostraba la existencia de una Tierra estacionaria.

2.2.3. *Tercera transformación: de una tierra estacionaria a Gaia.*

Antes de entrar de lleno en esta tercera transformación fundamental, creemos conveniente analizar las implicaciones teóricas derivadas de su hipótesis fundamental, la que establece la identidad entre la Tierra y el imán. Como bien sabemos, ésta guió el programa de investigación gilbertiano y, así como permitió numerosos descubrimientos experimentales, igualmente le condujo a numerosos problemas teóricos. Para empezar, se requería contar con una nueva teoría de la materia, alternativa a la de Aristóteles, consistente con la hipótesis anteriormente expresada (Freudenthal 1983, p. 24). La física requerida sería esencialmente magnética, y estaría basada en el principio de que la Tierra es un imán gigantesco sujeto a las mismas leyes que un imán de pequeñas dimensiones. Dos serían los fenómenos relevantes que coadyuvarían a fundamentar su sistema. El primero de ellos se deriva del comportamiento de la aguja magnética, que supone una refutación de la doctrina aristotélica del *movimiento natural*²⁰¹, pues hemos intentado mostrar que, para Gilbert, tanto la *directio* como la *declinatio* son producto de un movimiento rotacional. Un segundo elemento, bastante relacionado con el primero, tiene que ver con la constante orientación espacial en la dirección Norte-Sur: si ésta es perceptible en imanes pequeños, ¿cómo no iba a ser proporcional en imanes mayores?

²⁰¹ En la *Física* de Aristóteles, se defiende que el movimiento *natural* es semejante entre el todo y las partes, y que a la Tierra le corresponde, en calidad de movimiento *natural*, el que opera hacia abajo.

2.2.3.1. Preámbulo sublunar, o el devenir de la doctrina tradicional de los cuatro elementos.

El primer punto que cabe destacar es la reducción de los tradicionales cuatro elementos a uno solo²⁰², la *pura* tierra, de carácter *quasi* nouménico, de la que eran partícipes, en mayor o menor grado, tanto la piedra imán como el hierro, los cuales se erigían en sus manifestaciones más cercanas. La tierra, por lo tanto, era el único y verdadero elemento característico e idiosincrático del mundo sublunar, negando por consiguiente el carácter elemental de tres de los cuatro elementos básicos presentes en la obra de Aristóteles. De hecho, Gilbert considera a la Tierra repetidamente la «madre común» de todo lo demás²⁰³. Es, pues, una sustancia pura y magnética, que forma la parte más interna y principal de la esfera terrestre, y reúne entre sus características el ser firme, estable y húmeda, así como uniforme (*DMS* I. 12, pp. 35- 36, 39; *DMS* I. 18, p. 46; *DMS* II. 1, pp. 108, 111- 112; *DMS* II. 3, p. 123; *DMS* II. 4, p. 124; *DMS* II. 6, pp. 129, 131). Las manifestaciones visibles de la tierra llegan a representar formas degeneradas de la verdadera tierra, al aparecer bajo diferentes formas: rocas, suciedad, metales... en su mayoría sin asomo de propiedad magnética alguna (*DMS* I. 10, p. 30; *DMS* I. 20, p. 49; *DMS* II. I, pp. 108- 109, 111; *DMS* II.6, p. 131).

Para Gilbert, en cambio, el fuego no era una sustancia en sí misma, porque existe *en algo* (*DMS* I. 7, p. 19). En realidad, el elemento ígneo sería una entidad de una naturaleza poco definida que resulta del furor del calor (*op. cit.*, p. 20). La llama se produciría en el momento en el que el vapor se enciende, con lo cual el fuego sería producto directo de la intensidad del calor, al desplazar violentamente la humedad (*op. cit.*, pp. 19- 21). Por tanto, lejos de ser una cualidad, su papel se restringiría a ser meramente una manifestación de la eliminación de esta misma humedad (*DMS* I. 26, p. 78; *DMS* I. 27, p. 81; *DMS* I. 28, p. 83; *DMS* I. 31, pp. 88- 89).

Respecto al aire, por su parte, más que una sustancia primera, dentro del planteamiento de Gilbert, era parte de los efluvios de la Tierra, y se generaría debido a un

²⁰² Para Aristóteles, «es elemento, entre los cuerpos, aquel en que los demás cuerpos se dividen y que está intrínsecamente presente <en ellos>, bien sea en potencia, bien en acto» (*Acerca del cielo*, III. 3, 302a).

²⁰³ Al margen de las continuas referencias aparecidas en el *De Magnete*, interesantes son también las referencias encontradas en su otra obra, el *De Mundo*. Véase a título de ejemplo, *DMS* I. 18, p. 46; y *DMS* II. 1, pp. 107- 112.

incremento de calor que posibilitó el tránsito del estado inicialmente líquido al *gaseoso*. La masa de aire generada podría ser, entonces, calurosa o fría, seca o húmeda (*DMS I. 8*, pp. 25- 26). Precisamente debido a ese abanico de manifestaciones, difícilmente podría tratarse de un elemento sustancial. En el *De Magnete*, por su parte, llegaba a sugerir una explicación *materialista*, pero sin llegar a ser estrictamente *mecánica*, que podría hacerse extensiva a los cuerpos celestes, en la medida en que el aire no sólo aglutinaría las partes antaño desunidas, sino que le serviría a la Tierra para hacer regresar a los cuerpos hacia sí.

La consideración que merece el agua como elemento sustancial sería similar a la del aire: en tanto que generada por la tierra, sería igualmente un efluvio de la misma (*DMS I. 12*, pp. 36- 37) y, por ello mismo, no merecería ser considerado un elemento (*op. cit*, pp. 38- 39). Además, tampoco se trataría de una sustancia uniforme pues, en ocasiones, se manifiesta como agua dulce; en otras, salada; pero también clara o turbia..., con grados diferentes de cada cualidad en cada lugar del mundo (*DMS I. 5*, p. 11; *DMS I. 12*, pp. 34- 36)²⁰⁴. En consecuencia, todas las sustancias derivarían, en última instancia, de un único elemento; incluso el agua misma no sería más que una *exudación* de la tierra.

En segundo lugar, su petrología resultaba relevante para dar cuenta de los hechos no-magnéticos, como reacción frente a la distinción tradicional básica entre *pedras* y *metales*, presente en autores como Aristóteles y Teofrasto²⁰⁵. Para Gilbert, la tierra, bien en su forma pura o corrupta, era la causa material del hierro y de los otros metales. Esto supuso una fundamentación teórica para la esencial, aunque extravagante, afirmación de que el hierro forma una *species* con la magnetita: para Gilbert, pues, el hierro y la magnetita serían casi lo mismo, puesto que compartían la misma naturaleza, y diferían por tanto del resto de las sustancias. En la Tierra, entonces, cabría ubicar la procedencia tanto de la causa *material* como de la *formal*. La Tierra misma sería la causa material de los metales y las piedras; su estructura interna estaría compuesta de un doble material: uno húmedo y fluido, y otro seco y más consistente (*DM II. 2*, p. 51). Los metales se formarían

²⁰⁴ Al criticar de este modo la doctrina aristotélica, Gilbert realizó una lectura sesgada de las enseñanzas peripatéticas, puesto que el propio Aristóteles señalaba que los elementos no se hallaban en estado puro en la región sublunar, sino mezclados. Es más, incluso las manifestaciones terrestres de estos elementos mostraban que eran sustancias compuestas, a pesar del predominio en cada caso de cada uno de los elementos en estado *puro* (Kelly 1965, p. 31).

²⁰⁵ Teofrasto, en *De Lapidibus*, da una explicación materialista de las propiedades de los minerales: según su teoría, los metales consistían esencialmente de agua, mientras las piedras, por su parte, de tierra, una materia pura y uniforme. Es por ello por los metales adquirían una condición fluida mediante la acción del fuego aunque, a diferencia de las piedras, volvían a su forma original al enfriarse.

como consecuencia de dos factores: en primer lugar, de la existencia de un vapor subterráneo, de por sí una *exhalación* de la propia Tierra, que se condensaría posteriormente en una matriz y se licuaría. Esta sustancia líquida penetraría en un material más sólido, la tierra, formando así los metales. Si este material más sólido es tierra en su estado más puro y verdadero, la mezcla deviene en hierro o magnetita; en caso contrario, estaríamos hablando de la formación de otros metales. Al elaborar esta teoría, acudía a un término aristotélico, *exhalación*, al que le confirió un significado relativamente nuevo²⁰⁶: ahora no es *per se* la causa material de los metales, sino la causa de sus propiedades estrictamente metálicas. El hierro, pues, dejaba de ser para Gilbert un metal normal y corriente, y pasaba a adquirir un carácter único:

«Por consiguiente, todas las cosas que han brotado de una humedad predominante, y están firmemente concretadas, y retienen la apariencia de una piedra preciosa y su naturaleza resplandeciente, en un cuerpo firme y compacto, atraen todos los cuerpos, sean húmedos o secos. Sin embargo, aquellos que participan de la substancia verdadera de la tierra o que difieren muy poco de ella, son vistas también para atraer, pero por una razón muy diferente y, por así decir, magnéticamente»²⁰⁷.

Al margen del distanciamiento crítico respecto a las doctrinas de Aristóteles, los iatroquímicos tampoco se libraron de la crítica de Gilbert, especialmente en relación con la doctrina alquímica del metal *perfecto*. En particular, Gilbert ponderaba el hierro frente al oro por razones incluso metafísicas, con el consiguiente rechazo a las prácticas tendentes a transmutar los metales. Frente al *mito de las edades*, como una variante de la constante de un pasado mejor que nos ha sido arrebatado²⁰⁸, el hierro adquiriría, para Gilbert, la condición de metal *perfecto*, por dos razones fundamentales: la primera de ellas se deriva de su teoría de la materia, especialmente en lo referente a los metales: el hierro se erige, dentro de las premisas de Gilbert, en una de las expresiones más genuinas de la naturaleza terrestre. Como corolario a esta hipótesis, el oro dejaba de ser un metal excelso por estas mismas razones:

«Por qué es incorrecto el decir común de que en el oro hay pura tierra, mientras en el hierro mayormente impura [...] En el hierro, especialmente en

²⁰⁶ Éste es un contenido transversal en el tratado *Meteorológicos*, y se explica como producto de la combinación de dos especies de gases o *exhalaciones*: una, seca y caliente, constituyo esencial del fuego, que en ocasiones Aristóteles asimila al humo; y otra húmeda y fría, que se asimila al vapor o al agua (Aristóteles, *Meteorológicos*, II. 3, 357b). Ambas interaccionan como efecto del roce sobre el aire que ejercen las esferas celestes, resultando directamente todos los fenómenos conocidos como *meteoros*, que son exclusivos de la región sublunar. En Aristóteles, las exhalaciones (*pneumatōn*) se definirían como algo similar al viento, aunque en un sentido más amplio.

²⁰⁷ *DM* II. 2, p. 52.

²⁰⁸ Presente, por ejemplo, en Hesíodo, *Trabajos y Días*, 109-196; y en Ovidio, *Metamorfosis* I, 89-150.

el mejor, hay tierra en su propia naturaleza verdadera y genuina»²⁰⁹.

Al margen de estas razones metafísicas, una segunda razón de peso atañe a cuestiones pragmáticas, a saber, que el hierro es, a todas luces, superior al oro en virtud de su utilidad para el uso de la vida. En términos marxistas, Gilbert daba mayor importancia a su valor *de uso* que a su valor *de cambio*:

« [...] debe entenderse cuán grande es el uso del hierro, que sobrepasa un centenar de veces el de los otros metales, al servicio de muchas y de las mayores necesidades del hombre, y abunda y predomina en la tierra sobre todos los otros metales. Por qué creen absurdamente estos Químicos que la voluntad de la naturaleza es perfeccionar los metales en oro»²¹⁰.

El suyo, pues, es un intento para erigirse en la primera física del siglo XVII compatible con una cosmología no-ptolemaica. Gilbert entró en el debate tradicional entre los iatroquímicos y sus oponentes peripatéticos aportando al debate una serie de ideas sociales como criterios intervienientes. Al final, encontramos nuevamente otra *síntesis* de planteamientos, esta vez, entre la escolástica y la alquimia, un sincretismo que no contenta a nadie: por un lado, aunque su noción de *elemento* se encontraba más cercana a Aristóteles que a Paracelso, su teoría implicaba necesariamente un papel protagonista para el fuego como medio necesario para aproximarse al elemento en su forma más pura, mas no un impedimento, lo que supone una mayor cercanía a los iatroquímicos de lo que se usualmente se le supone. No obstante, al negar la excelencia de metales como el oro y la plata, y romper con ello con una jerarquización de los metales, coqueteaba nuevamente con los peripatéticos. Pero, al caracterizar a la Tierra como la «madre común» de todo cuanto existe, abrazaba discretamente alguna doctrina esencial de los herméticos²¹¹. En resumidas cuentas, esta síntesis de compromiso no terminaría de convencer, posiblemente, ni a unos ni a otros.

²⁰⁹ DM I. 7, p. 21.

²¹⁰ DM I. 7, p. 24. Esta glorificación humanista del *valor de uso* es propio del humanismo renacentista, rasgo compartido en la *Utopía* de Moro, al margen de constituir un reflejo del progreso de la emergente industria del hierro.

²¹¹ En *Poimandres* I. 17, encontramos la afirmación de que «La Tierra era la hembra. El agua la fertilizó. El fuego es la fuerza que la hizo madurar». Esta idea parece ser un denominador común en las sociedades arcaicas, con la consiguiente *sexualización* del mundo mineral y el paralelismo entre la metalurgia y disciplinas como la ginecología y la obstetricia (Eliade [1956] 2001, pp. 9-10). Platón llegaba a decir que, en la concepción, es la mujer quien imita a la Tierra, y no al revés (*Menéxeno*, 238a). Noción como ésta habrían inspirado la ideología alquímica y, sorprendentemente, mantiene asimismo muchos puntos de conexión con la filosofía magnética de Gilbert

2.2.3.2. El *totum revolutum supralunar*:

Con todo, el *De Magnete* supone, igualmente, la delineación de una cierta *ciencia* de las esferas, en la que Gilbert deja de ser un autor *políticamente correcto* para el historiador *Whig* y, posiblemente, para las autoras comprometidas con el discurso de género. Basándose en las observaciones realizadas por él mismo, Gilbert articuló toda una cosmología, que condensó en el Libro VI y último del *De Magnete*, si bien existen capítulos del libro V que amplían algunas de las sentencias expresadas en el subsiguiente. Este Libro VI tuvo mayor impacto en territorio extranjero que en la propia Inglaterra, en la medida en que introdujo el magnetismo en el seno del debate entre geocentrismo y heliocentrismo; hasta ese momento, Gilbert había hablado estrictamente de *geomagnetismo*. En este punto nos permitimos retomar nuevamente la tipología de movimientos magnéticos (o variantes del mismo) establecida por Gilbert. Él sentenció que éstos eran cinco, aunque puede hablarse, *grosso modo*, de un movimiento directo, equivalente hasta cierto punto al de atracción, y otros indirectos o rotacionales (*DM* II. 1, p. 45). A lo largo de este trabajo hemos aludido a la *coitio*, la *directio*, la *variatio* y la *declinatio*. Ahora nos queda el más pertinente para este apartado: la *revolutio*. Ésta se define como un movimiento circular, característico de cuerpos como la Tierra, que giran en torno a su propio eje. La Tierra, que es un imán, rotaría porque el movimiento rotacional se predica, en primer lugar, de los imanes más pequeños, en especial de la *terrella*. La rotación terrestre, pese a no ser una hipótesis radicalmente nueva, se afirmaba solemnemente y sin complejo alguno:

«Entonces, es una opinión antigua, y que procede desde los viejos tiempos, pero que se acrecienta por medio de consideraciones importantes, que la tierra rota con una revolución diaria en el espacio de 24 horas»²¹².

Esta *revolutio* suponía, nuevamente, un distanciamiento crítico respecto a la cosmología aristotélica, que defendía el movimiento de los cielos y no de la Tierra, la cual permanecía estacionaria en el centro del Universo conocido, aunque no necesariamente en un centro *absoluto* debido precisamente al desconocimiento de los límites del mismo (*DMS* II. 2, p. 119). Guiándose por un principio de simplicidad, para Gilbert resultaba más fácil e intuitivo postular un movimiento de rotación de un cuerpo relativamente pequeño en veinticuatro horas que atribuir una fuerza de tracción a un tiránico y odioso *primum mobile* en relación al resto de esferas (*DMS* II. 12, p. 169). Era más que un guiño a

²¹² *DM* VI. 3, 215.

Copérnico, a quien Gilbert consideraba «el restaurador de la Astronomía» (*DM VI. 9*, p. 240)²¹³.

Una vez afirmada la rotación terrestre, habría que considerar si la Tierra progresa además con otros movimientos. Sobre este punto, encontramos un pasaje en el *De Magnete* en el que Gilbert elude tratar «las razones de los restantes movimientos de la Tierra» (*DM VI. 3*, p. 220)²¹⁴. El por qué dejó suspendida la cuestión de los *otros* movimientos habría que buscarlo, en última instancia, en su física, pues a este nivel, ambas hipótesis resultarían físicamente indistinguibles. Su teoría, basada en la noción de un único elemento dotado de un movimiento rotacional natural, era irrelevante para la revolución anual, con lo que rehusó tratarlo en vez de admitir las limitaciones que encontró para explicar magnéticamente los movimientos de los cuerpos celestes. Sin embargo, parece que existen suficientes indicios en apoyo de su adhesión al copernicanismo (Freudenthal 1983, pp. 34-35). En primer lugar, a partir de la abolición de la dicotomía entre la Tierra y los restantes cuerpos celestes: no había motivo, desde la tradición, para decantarse por la opción geocéntrica, mientras que el heliocentrismo vendría avalado, entre otros, por la todavía cuestionada autoridad de Copérnico. Además, la oposición a Aristóteles no se restringiría únicamente al cuestionamiento del *primum mobile*, «una ficción de la que eran partidaria aquellas gentes» (*DM VI. 3*, p. 216). Gilbert postulaba un universo sin límites, que se extendería más allá de nuestra capacidad para percibirlo; si el universo funcionase como se concebía a la antigua usanza, esa maquinaria sería monstruosa.

«1022 estrellas han sido observadas por los astrónomos: Más allá de ellas, son visibles innumerables, algunas en cambio apenas perceptibles por nuestros sentidos [...] por lo tanto, es verosímil que éstas son muchísimas, y que no están todas incluidas en cualquier rango de visión. ¡Cuán inmensurable entonces debe ser el espacio que se extiende a estas estrellas fijas tan remotas! [...] ¡Cuán monstruoso sería semejante movimiento!»²¹⁵.

El énfasis en la inconmensurabilidad de la presunta esfera de las estrellas fijas era

²¹³ Esta expresión se nos antoja un poco ambigua, pues cabe preguntarse en qué sentido ha de ser tomada. En principio, encontramos dos posibles interpretaciones a la misma: por un lado, puede suponer una adhesión entusiasta e incondicional a un esquema heliocéntrico del universo, si bien Alberto Elena ha señalado que se trataría, en puridad, de un ordenamiento más *heliostático* que heliocéntrico (Elena, ed. 1986, p. 91, 2n); la otra interpretación nos sugiere una *restauración* de la antigua astronomía apegada a los patrones antiguos de simetría y simplicidad, lo cual matizaría o suavizarían el carácter revolucionario del *De Revolutionibus* copernicano.

²¹⁴ La misma actitud aparece en *DMS II. 7*, p. 135. Implícitamente, parece que Gilbert, al reconocer la existencia de otros movimientos, no restringió el movimiento terrestre a la rotación sobre su propio eje.

²¹⁵ *DM VI. 3*, pp. 215- 216. La misma cantidad de estrellas vistas aparece igualmente en *DMS II. 10*, p. 153.

un artificio retórico que escondía la implausibilidad de un presunto movimiento diurno del *primum mobile*, y con ello tal vez pasó por alto el obstáculo más serio: la ausencia de paralaje anual. Finalmente, su diagrama de movimientos planetarios presente en el *De Mundo* descartaría, al menos implícitamente, el modelo geocéntrico (*DMS* II. 22, p. 202). En él, el Sol ocupa la posición central. Aunque en apariencia estacionario, en torno a él, y bastante próximos, revolucionan Mercurio y Venus; seguidamente, la Tierra ocuparía la posición central en una región en la que existe un gran vacío (o, al menos, no se representa la órbita) en oposición a los planetas *exteriores*; en torno a ella, revoluciona la Luna, que participaría de características similares a nuestro planeta. Seguidamente, el Universo conocido y representado gráficamente se completa con las revoluciones de Marte, Júpiter y Saturno en torno al Sol. Más allá de ellos, se abre un Universo con multitud de estrellas diseminadas por el espacio, sin estar vinculadas a una esfera última. En este punto, no deja de resultar sorprendente el parecido con el Universo planteado por Thomas Digges en su *Perfit Description of the Cæstial Orbes* (London, 1576). Curiosamente, el propio Digges hablaba del papel protagonista del magnetismo casi un cuarto de siglo antes de la publicación del *De Magnete*:

«En medio de este mundo de lo perecedero se encuentra este astro sin luz, el globo terráqueo, suspendido en perfecto equilibrio en el sutil aire gracias a esa propiedad que el maravilloso Artífice confirió durante la Creación al centro de dicha esfera: la fuerza magnética que atrae y arrastra hacia sí a todas las cosas elementales, puesto que son de idéntica naturaleza»²¹⁶.

Por si éstos no fueran indicios suficientes para afirmar su adhesión a la causa copernicana, Gilbert afirma que la Tierra no sólo rota sobre su propio eje, sino que

« [...] producto de alguna gran necesidad, incluso una virtud innata, evidente, y conspicua, gira circularmente alrededor del Sol, revoluciona. Y por este movimiento se regocija en las virtudes y las influencias solares, y se fortalece por su propia *verticitas*, que no debería girar de modo errante sobre cada región celeste»²¹⁷.

Ahondando en su adhesión al copernicanismo, encontramos varios testimonios favorables en este sentido que podrían considerarse *quasi* contemporáneos. Uno de ellos proviene de Johannes Kepler, uno de aquellos «célebres extranjeros» que se hicieron eco de la obra del ilustre médico isabelino, quien proclamaba sin rubor alguno que articulaba

²¹⁶ T. Digges, “Una perfecta descripción de las esferas”, en Copérnico, Digges y Galilei 1986, p. 52.

²¹⁷ *DM*. IV. 4, p. 224.

su Astronomía:

«sobre las hipótesis de Copérnico relativas al mundo, sobre las observaciones de Tycho Brahe y, finalmente, sobre la filosofía del magnetismo del inglés William Gilbert»²¹⁸.

En este momento, no es tanto Gilbert quien busca *aliados* para fundamentar su hipótesis, sino que es el propio Kepler quien pretende enrolar a Gilbert dentro de sus filas. Haciéndose eco del trabajo del médico isabelino, Kepler reconocía la autoría de las arriesgadas investigaciones gilbertianas:

«[...] mediante las demostraciones del inglés William Gilbert, la propia tierra es un gran imán, y se dice por el mismo autor, un defensor de Copérnico, que rota una vez al día, del mismo modo que yo conjeturo sobre el sol. Y, a causa de esta rotación [...] estas fibras se extienden en varios círculos sobre los polos de la tierra paralelos a su movimiento»²¹⁹.

Precisamente esa lectura copernicana, hecha sobre la base de postular que la Tierra es un gran imán, dotaba al Universo de un mecanismo causal de orden físico solidario con un esquema copernicano del mismo. En una época en donde el debate cosmológico estaba a la orden del día, Galileo Galilei subsumía igualmente a Gilbert dentro de la categoría de los «hombres ilustres» que sostienen la hipótesis heliocéntrica, «que la recoge y justifica detalladamente en su obra *De Magnete*» (*Op. cit.*, p. 75). Es más, Galileo reconocía la labor intelectual de un Gilbert cuya fama había ya trascendido fronteras:

«Yo alabo, admiro y envidio al máximo a este autor por el hecho de que se le ocurriera una idea tan excelente [...] Además, me parece digno de grandísima alabanza por las numerosas observaciones nuevas y verdaderas que hizo»²²⁰.

Hasta aquí tendríamos la imagen un filósofo natural moderno, de características *revolucionarias*, y presto para ser reivindicado como un pensador audaz que habría sido eclipsado de modo lamentable, o víctima de un injusto olvido. Pero, como buen isabelino, Gilbert compartía una serie de creencias y supuestos acerca del mundo. Para sus contemporáneos, subyacía un orden cósmico superior; orden que, en líneas generales, se mostraría mediante una triple metáfora: una cadena jerárquica, una serie de correspondencias microcosmos-macrocosmos y una danza cósmica (Tillyard [1923] 1984, p. 7). En el *De Magnete*, en principio, se libera de cualquier sesgo teológico, si bien en el

²¹⁸ Kepler [1621] 1995, p. 10.

²¹⁹ Kepler [1609] 1991, parte III, cap. 34, p. 391.

²²⁰ Galileo [1634] 1995, p. 350. Sin embargo, Galileo le reprochó al propio Dr. Gilbert que no hubiese sido «[...] más matemático y, en particular, buen conocedor de la geometría [...] pero no por ello debe disminuirse la gloria del primer observador» (*Ibid.*).

De Mundo admite la existencia, en ocasiones, de un «Supremo Hacedor». En ambos casos, el equilibrio cósmico, el estado *ideal* hacia el que todo sistema tendía, quedaría salvaguardado gracias a una fuerza que incardinaría el Universo, y ésta no era otra que el magnetismo. La diferencia que se percibe entre ambas obras, en este sentido, es una diferencia de *avalistas*. El magnetismo, por tanto, sería el fenómeno más importante de la ciencia natural, manifestación de una fuerza que deriva de la misma forma de los cuerpos principales del Universo. La forma magnética, fuese *alma* o *vigor*, es astral (*DM VI. 5, p. 227*)²²¹. La forma que se manifiesta a sí misma como magnetismo sería el *alma* de los globos animados, de los que la Tierra es uno más. La interacción magnética dependería de una fuerza o forma primigenia (*vigor*) de carácter formal, y representaría el acuerdo y el orden. Esta forma sería única y peculiar en su carácter, y la consideraba inherente a las esferas principales: el Sol, la Luna y las estrellas, así como a la Tierra, que es, *per se*, de naturaleza magnética. Esta fuerza residiría en ellas mismas, sin apelar a instancia ajena alguna (*DM II. 4, p. 65*), con el fin de garantizar el equilibrio del conjunto.

En consecuencia, la Tierra, para Gilbert, era un imán vivo, y se mantenía en posición relativamente constante con respecto a las estrellas *fijas* y al Sol en beneficio propio, así como de las criaturas que cohabitamos en ella. Gilbert explicaba la inclinación del eje de la Tierra fuera del plano de su órbita por la necesidad de la variación estacional en beneficio de las criaturas y plantas de la superficie de la Tierra. Más aún, las influencias solares serían recibidas con los brazos abiertos también por el resto de los planetas. De este modo, el Sol se convertiría en el comandante en jefe de la acción en la naturaleza (*DM VI. 4, p. 224*)²²², y tendría a su disposición un envidiable harén cósmico, pues la Tierra era, para Gilbert, de género femenino, la *madre* de todo.

La Tierra gira circularmente en torno al Sol, y lo hace de un modo ordenado, nada casual ni azaroso (*DM VI. 6, p. 231*). En su revolución, capta las virtudes solares y sus influencias, garantizando de ese modo la perpetua alternancia de las cosas. Si este orden sufriera alteración, la Tierra acabaría siendo víctima de una suerte de *terrorismo doméstico*: horror, devastación, polvo, infertilidad... serían los efectos presentes en la parte eternamente iluminada. Por el contrario, la parte hipotéticamente oscura quedaría

²²¹ En cualquier caso, parece que hay una cierta basculación de términos –muestra sus dudas en unos casos, los emplea en otros... como si fueran realizados por autores diferentes.

²²² Con la concepción del sol como *agente principal* de la naturaleza, de carácter casi divino, Gilbert compartía supuestos típicos del neoplatonismo renacentista.

caracterizada por un frío intenso y un ambiente permanentemente gélido. Por lo tanto, sólo mediante el vigente *status quo* se mantiene el equilibrio necesario: calor y frío, amanecer y atardecer, día y noche... Pero las amenazas no vienen sólo de parte del Rey Sol; la Luna, cortesana exigente a la vez que *hermana menor*, también es fuente de peligros y amenazas, de las que la Tierra, gracias a su *revolutio*, escapa indemne. En este punto nos trasladamos del harén al cuerpo humano como escenario de los cambios que tienen lugar en el Universo, producto sin duda de su formación inicial como médico:

«Los movimientos del Sol y la de la Luna causan cambios; el movimiento de la Tierra despierta la respiración interna del globo; los animales mismos no viven sin movimiento ni sin la incesante actividad del corazón y las arterias»²²³.

En consecuencia, el Universo mismo sería animado; y el magnetismo, su alma²²⁴. La fuerza magnética de la Tierra ejercería una acción interminable en el tiempo, rápida, definida, armoniosa y constante, sin fluctuaciones. A fin de cuentas, decía Gilbert,

«[I]a fuerza magnética es animada, o imita la vida; y en muchos aspectos sobrepasa a la vida humana, mientras ésta está estrechamente vinculada a un cuerpo orgánico»²²⁵.

Una Tierra sensitiva y animada buscaría satisfacer sus propios intereses y los nuestros, convirtiéndose así en sujeto y escenario de la Historia (Gilbert *DM VI*. 8, p. 235)²²⁶. Esto nos sitúa en la vertiente artística de la danza cósmica, y la justificación cosmológica última estriba en la búsqueda de la conservación, la perfección, el orden... Al igual que la Tierra, cada esfera tiene un movimiento, y todas ellas se afanan en su propia seguridad y bienestar (*DM VI*. 4, p. 225), y con ello aparece la idea clásica del *conatus* típica de autores posteriores como Hobbes y Spinoza. Debido a estas razones, en opinión de Gilbert, los antiguos defendían la existencia de un alma en los cielos, las estrellas, el Sol y la Luna... En otras palabras, se trataría del retorno nostálgico, como mínimo, a los tiempos del milesio Tales, aunque con un barniz neoplatónico. Como corolario a esta

²²³ *DM VI*, 5, p. 227. Podemos llevar esta tesis al extremo de ver en ella un paralelismo con la alternancia histórica en el trono de los monarcas católicos y protestantes a comienzos del Renacimiento inglés.

²²⁴ Aquí hay un nudo de conexión bastante importante con el *Corpus Hermeticum*. En este sentido, los magos antiguos estarían mejor informados, a juicio de Gilbert, pues autores como Hermes, Zoroastro, Orfeo, etc., postulaban la existencia de un alma universal.

²²⁵ *DM V*. 12, p. 208. Para Gilbert, no es necesaria la presencia de órganos visibles para considerar que las cosas estén vivas, y pone como ejemplo a las plantas.

²²⁶ Esta especie de *psicología ambiental*, que postulaba que los diferentes climas influyen en el humor y el carácter de las gentes, posiblemente influenciada por Galeno, cabría fundamentarla, en última instancia, en el magnetismo.

atribución de un *principio vital*, resulta natural el rechazo a las características del universo planteado por Aristóteles:

«Por ello consideramos una monstruosidad el Universo aristotélico, en el que todo es perfecto, vigoroso, animado; mientras que sólo la tierra, una porción infeliz, es mezquina, imperfecta, muerta, inanimada y decadente»²²⁷.

Resumiendo, la teoría de los elementos de Gilbert evolucionó a partir de, y pretendía apoyar, la idea de que la Tierra era un imán que rotaba. Al postular un elemento simple, magnético, dotado con movimiento circular, creó la primera física post-copernicana capaz de rebatir las objeciones físicas a la nueva cosmología. La de Gilbert fue la primera física del siglo XVII compatible con la idea de una tierra móvil. Con ella logró explicar tanto la orientación espacial fija de la Tierra como su rotación diaria, y asimismo dio una explicación *eléctrica* de la coherencia de la esfera rotacional, y la atracción gravitatoria hacia ella. Con la afirmación de la existencia ontológica de los polos, en tanto en cuanto se articulaban como ejes de rotación de la *Tierra*, Gilbert dio una interpretación claramente realista de una astronomía no-ptolemaica. No obstante, algunas *anomalías* se ponían de manifiesto. Gilbert pasó por alto deliberadamente una de tipo *crucial*, al postular que un elemento *simple*, al que únicamente se le podía atribuir un movimiento natural, contaba, en realidad, con un movimiento de rotación diario y otro anual de traslación. Pero posiblemente resultaba tan elegante y atractiva la hipótesis inicial de trabajo, esto es, que la Tierra era un gran imán, que no valía la pena cuestionarse estas pequeñas *anomalías* dentro del sistema. Igualmente, Gilbert fue el primero en descartar la noción de *peso* o *gravedad* (en sentido pre-newtoniano) junto a sus implicaciones geocéntricas asociadas. De este modo, su teoría fue la primera en unificar las regiones sublunar y supralunar. No obstante, aunque Gilbert intentó reemplazar la teoría aristotélica de la materia y el marco cosmológico ptolemaico asociado, realmente no fue capaz de desembarazarse de los preceptos metodológicos de la filosofía natural peripatética. En particular, continuó empleando el vocabulario aristotélico (por ejemplo, términos como *tierra*, y *exhalación*) confiriéndole un nuevo significado. Ciertamente, eran las herramientas conceptuales que tenía más a mano, aunque no logró proporcionar una alternativa satisfactoria a los discursos peripatéticos. Para sus coetáneos, su petrología debía resultar, incluso, extravagante. En este sentido, podríamos convenir con Freudenthal en considerar a Gilbert como un Peripatético *revolucionario* (Freudenthal 1983, p. 37).

²²⁷ DM V, 12, p. 209.

CAPÍTULO V: LA BÚSQUEDA DEL “PUNTO” POR MEDIOS MAGNÉTICOS.

Aquí se trata de la solución derivada de los estudios de Gilbert para encarar el problema práctico de la posición θ , como se ha vislumbrado anteriormente, del modo en que articula una segunda respuesta (R_2) a los problemas históricamente entretejidos conforme a la reconstrucción que hemos realizado. Para ello analizaremos la conexión entre las dos caras de la moneda del *De Magnete*, y veremos cómo esta segunda respuesta se inserta dentro de una corriente general de corte nacionalista que estimulaba la investigación en el arte de la navegación con vistas a potenciar la emergencia de Inglaterra como potencia colonial. La hipótesis de trabajo que se defiende es que el *De Magnete*, a pesar de su contenido *objetivamente* científico, admite una lectura en clave política que, hasta ahora, no ha sido lo suficientemente explorada.

«–Entonces –intuyó el caballero-, quien encontrara una manera de establecer los meridianos ¡sería el señor de los océanos!
Byrd se sonrojó de nuevo, lo fijó como para entender si hablaba a propósito, luego sonrió como si quisiera morderlo:
– Inténtenlo Vuestras Mercedes»

[U. Eco, *La isla del día de antes*]

1. El compromiso de Gilbert con la navegación.

El *De Magnete* es una obra poliédrica. Tras su evidente contribución a la filosofía natural, este Jano bibliográfico encubre un segundo rostro, que debe ser contemplado bajo la perspectiva de un tratado práctico de navegación magnética. Esta doble dimensión del *De Magnete* no implica necesariamente que existan dos perspectivas cuya reconciliación sea cuanto menos difícil, si no imposible. De hecho, podemos establecer ciertos puentes entre ellas, con el fin de salvar este aparente abismo: el primero se tiende desde el contexto general de su filosofía magnética a la descripción del comportamiento de la aguja magnética –esto es, fenómenos como *directio*, *variatio*, y *declinatio*, se explican en referencia a una hipótesis general sobre el comportamiento de los cuerpos magnéticos; dicho comportamiento estaría en última instancia motivado por la influencia primaria de ese «gran imán, nuestra madre común, la Tierra». En otras palabras, lo que los historiadores clásicos de la ciencia han considerado la gran intuición de Gilbert, que la Tierra es un imán de proporciones gigantescas, es el punto clave que reifica los diferentes movimientos de la aguja magnética. Este vínculo se retroalimenta, a su vez, de la aportación matemática, que será el principal asunto que nos ocupe en este capítulo. El Prefacio encomiástico a cargo del matemático Edward Wright incide precisamente en esta segunda cuestión:

«Casualmente, eminentísimo Sr., podría existir alguien que no considere en su justa medida estos libros magnéticos suyos y el trabajo de usted, y piense que su estudio de usted sea poco pertinente, y de ningún modo lo suficientemente digno de la atención de cualquier erudito dedicado al estudio más profundo de la Medicina. En verdad, merecería ser juzgado sobremanera como falto de entendimiento. Que el uso del imán es muy importante y admirable en su totalidad es algo sabido por la mayoría de gente, incluso de clase más baja, como para necesitar ahora de mí cualquier largo discurso o elogio»²²⁸.

²²⁸ Wright, “Ad Gravissimum Doctissimumque...”, en *DM*, p. iij^v.

No parece descabellado postular que la investigación realizada por un antiguo estudiante de Cambridge necesitaba esta vindicación de su utilidad práctica para consolidar su filosofía magnética en el foro público de la emergente Londres (Pumfrey 1987a, p. 65). Más aún, al propio Wright no le duele en prendas reconocer la idoneidad de la labor investigadora desarrollada:

«Verdaderamente, en mi opinión, no pudo haber escogido un tópico más noble o más útil a la raza humana, sobre el cual ejercitar la fuerza de nuestro intelecto filosófico»²²⁹.



[Izquierda: Portada de la edición original del *De Magnete* (London, 1600), bastante austera. El motivo de la ilustración está bastante relacionado con la medicina: la vara del dios Asclepio, asida por dos manos, en torno a la cual se enrosca la serpiente. Derecha: Portada de la edición de 1628, realizada con mayor profusión de detalles, que inciden precisamente en el aspecto práctico: destaca en el plano inferior central la presencia de un navío en alta mar, aparentemente alejándose de una brújula flotante con una *terrella* en el centro. Ilustración que, por otro lado, está flanqueada por un inclinómetro a su izquierda, y un esquema de la *uariatio* a la derecha. En la esquina superior izquierda, capta la atención la representación gráfica de la inclinación magnética en una *terrella*; en la esquina superior derecha, por su parte, pende un imán armado, elementos todos más vinculados, por lo general, a la navegación].

La primera cuestión que demanda una respuesta plausible es la siguiente: *¿Por qué era tan relevante el componente práctico en un tratado de filosofía natural?*

²²⁹ *Íbid.* Queda por cuestionarse si el «nuestro» empleado en esta frase sería producto de un planteamiento meramente retórico, una forma de plural mayestático, o bien reconocería implícitamente la convergencia de esfuerzos. Sobre esta última cuestión indagaremos más adelante.

Como una primera aproximación, vale decir que, fundamentalmente, en el *De Magnete* se articula una respuesta a un problema de especial relevancia en su tiempo, que no era otro que el de hallar la longitud basándose en el estudio del magnetismo terrestre. A esta cuestión no escapaba el propio Edward Wright, en el *Prefacio* encomiástico al *De Magnete*, cuando afirmaba lo siguiente: «parecería como si el problema geográfico de hallar la longitud, que durante tantos siglos ha ejercitado los intelectos de los Matemáticos más distinguidos, pudiera ser resuelto de algún modo» (Wright, “Ad Gravissimum Doctissimumque...”, en *DM*, iiij). Tan sólo unos años antes, en un momento en el que el mencionado tratado sobre el imán se hallaba, probablemente, en gestación, Thomas Digges hacía hincapié en que no había otro problema, «más allá de la búsqueda de la longitud, que concierna a los grandes marineros»²³⁰. Un análisis más detallado del problema nos ha de remitir, inexcusablemente, al contexto más inmediato en el que se gestó la obra de Gilbert como punto de partida de nuestro trabajo de investigación.

2. Breves pinceladas contextuales.

Cuando la Reina Isabel I fue coronada en 1558, se encontró una nación en bancarota, aquejada de múltiples disensiones internas a las que no eran ajenas las intrigas palaciegas. Por aquella época, España era la gran potencia mundial, con colonias establecidas en Centroamérica y Sudamérica, que sufragaban las contiendas bélicas mantenidas con franceses y holandeses. La política exterior inglesa se mantenía, en esta primera etapa, en una posición de relativo equilibrio frente a España y Francia. Para salir del marasmo, y teniendo en cuenta su condición insular, el destino de Inglaterra estaría vinculado inevitablemente al desarrollo de la navegación, y la salida de la crisis se planteaba como un acicate para el expansionismo inglés. De alguna manera, los aventureros ingleses hicieron suyo el lema de Robert Thorne: «No hay mar que no sea navegable ni tierra inhabitable»²³¹.

²³⁰ Digges 1576, s/p. El “A short discourse touching the variation of the Compassee” forma parte de los añadidos que Thomas Digges realizó al *Prognostication everlastinge...* (London, 1564) de su padre, Leonard Digges, a partir de 1576 en adelante. Las enmiendas se realizan sobre una obra que había sido una revisión del *Prognostication of right effect...* (London, 1553).

²³¹ “Mr. Robert Thorne in the year 1527 in Seville...”, en Hakluyt 1985, pp. 49-51: 51. El interés del joven Richard Hakluyt de Oxford por la Geografía vino de la influencia recibida de su ilustre primo, Richard Hakluyt del Middle Temple, un jurista cuya aproximación a la Cosmografía la hizo subrayando los aspectos

Pero, tras el reparto de tierras asignado por el Papa Alejandro VI, ¿con qué legitimidad se sentían los ingleses para iniciar sus sueños expansionistas, y evitar la confrontación directa con el Imperio español? En este sentido, la solución propuesta por Richard Eden tenía un considerable valor diplomático: a su traducción de las *Decadas de Orbe Novo* de Pedro Mártir de Anglería²³², le adjuntó una copia de la Bula Papal de 1493 y otra del *Tratado de Tordesillas* para enfatizar el hecho de que los españoles únicamente estarían facultados para establecer sus colonias, no sólo al oeste de la *Línea de Demarcación*, sino específicamente hacia el sur. Por lo tanto, los ingleses se sentían legitimados para emprender su aventura de exploración hacia el Norte.

El comienzo de la expansión de Inglaterra suele cifrarse con la primera expedición de Sebastiano Caboto hacia el oeste²³³: dada la escasa experiencia en navegación de los ingleses hasta ese momento, fue el piloto extranjero quien abrió camino. Dos serían las vías históricamente ensayadas para la búsqueda de su propio y particular Eldorado: el *paso del Noreste*, que pretendía unir las costas del Atlántico y el Pacífico a lo largo de la costa de Rusia y Liberia²³⁴; y el *paso del Noroeste*, que buscaba conectarlas a través del archipiélago ártico canadiense²³⁵. El objetivo fundamental, en un principio, era establecer

mercantiles más directamente vinculados a ella. Ambos Hakluyt tuvieron un papel muy destacado como propagandistas de la expansión colonial inglesa (Parks [1928] 1961, p. 3). Aunque no fueron los únicos, no hay duda de que, a través de su trabajo, se puede vertebrar la historia de la expansión de la Inglaterra isabelina (Taylor (ed.) 1935, "Preface", p. 1). Por ello hemos decidido salpimentar nuestro discurso con párrafos extraídos de varios de sus escritos.

²³² Publicadas originalmente en diferentes volúmenes entre 1511 y 1530, la aparición en la versión inglesa, titulada *Decades of the New Worlde*, data de 1555. Tras el fallecimiento de Richard Eden en 1576, la labor de historiador recayó, fundamentalmente, en el joven Richard Hakluyt de Oxford.

²³³ Parks resume de un modo esclarecedor las etapas del crecimiento de Inglaterra como potencia marítima: en un primer momento, se importa el conocimiento y la práctica extranjeros, tanto con la contratación de pilotos como los Caboto, como con la traducción de los tratados de navegación más populares de la época; seguidamente, con la recopilación de experiencia nativa, se experimenta un desarrollo de un cuerpo propio de conocimientos, paradigmáticamente reflejado en la obra de Hakluyt; un tercer componente radica en el envío al extranjero de un experto nativo, ejemplificado en los casos de John Dee, que fue a Lovaina a estudiar con Frisius y Mercator, o el propio Richard Hakluyt, enviado a Holanda; finalmente, la aparición de obras como *Certaine Errors* de Wright y el *De Magnete* de Gilbert testificaría el momento en que Inglaterra es capaz de enseñar a otras naciones. Asimismo, Parks defiende que el imperio inglés se consolidó, no de un modo casual ni azaroso, sino como resultado de un esfuerzo cooperativo, organizado y consciente, en el que los capitanes de los navíos estaban respaldados por una sólida estructura económica proveniente del capital de los grandes comerciantes (Parks [1928] 1961, "Introduction", p. xiii.).

²³⁴ La primera de las expediciones data de 1553, y fue comandada por pilotos tan experimentados como Richard Chancellor y Stephen Borough; John Dee fue quien proporcionó las tablas astronómicas. Fruto de estos esfuerzos, se forma en 1555 la *Muscovy Company* para el intercambio de productos ingleses de lana por madera rusa y por tesoros adquiridos en el lejano oriente. Este pasaje se reactivó en 1580, tras un intervalo notable, aunque sin resultado.

²³⁵ Aunque el primer paso en este sentido se dio con Richard Eden en 1555, esta idea fue vehementemente

una colonia como una estación intermedia en esa búsqueda de nuevos mercados, especialmente a través del *paso del noroeste*. Pero no tardaron en considerar a las colonias como un objetivo en sí mismo, con vistas a sopesar la posibilidad de una Inglaterra económicamente autosuficiente que no dependiese del comercio exterior con otros países, especialmente España, con quien era mayor la probabilidad del estallido de tensiones en la pugna por el comercio trasatlántico²³⁶.

3. La geografía en el periodo isabelino.

Como consecuencia de lo anterior, los viajes de exploración fueron una constante en Inglaterra desde 1550 en adelante. La necesidad de nuevos mercados, especialmente por medio del establecimiento de una red propia que aglutinaba la metrópolis y las nuevas colonias, impulsó a los comerciantes a apoyar las empresas marítimas destinadas a alcanzar las *tierras prometidas* al norte de los paralelos controlados por las fuerzas imperiales ibéricas. En este sentido, América prometía tanto una ruta comercial como una posibilidad razonable de encontrar tesoros escondidos. A medida que los ingleses iban realizando viajes más largos, se interesaron paulatinamente en el arte de navegar. Simultáneamente, se percibía un interés creciente en el conocimiento geográfico en virtud de su utilidad comercial. No obstante, hasta casi cincuenta años después del encuentro de América por Colón, no hubo en Inglaterra un gran interés por la geografía ni por cuestiones afines como la navegación. La metamorfosis experimentada a partir de 1550 vino como consecuencia lógica de la coyuntura del comercio, que demandaba un crecimiento paralelo del conocimiento en materia geográfica²³⁷.

En el terreno académico, los estatutos de Cambridge incluían, desde 1549, el estudio de los geógrafos clásicos -autores como Mela, Plinio, Estrabón y, por supuesto, Ptolomeo- como una rama de las matemáticas (Parks [1928] 1961, p. 11). La primera obra

defendida por Sir Humprey Gilbert en su *Discourse of a Discoverie for a new Passage to Cataia* (London, 1576).

²³⁶ Paradigmático en este sentido es *el Discourse of the Western Planting* (London, 1584) que un joven y entusiasta Richard Hakluyt publicó, y que constituía todo una revolucionaria política comercial y colonial, siendo el portavoz de un nacionalismo peculiar, de tipo marcadamente económico, para transformar a Inglaterra en una nación autosuficiente.

²³⁷ Con su traducción de las *Decadas* de Pedro Mártir, Richard Eden había presentado por vez primera en Inglaterra -y en inglés- un *corpus* sustancial de información sobre los nuevos tiempos y sobre los autores más relevantes.

al respecto fue un tratado de geografía matemática a cargo de un médico formado en Cambridge, William Cunningham²³⁸. Sin embargo, desde una vertiente práctica, Inglaterra se vio en la necesidad de importar, en una primera etapa, el conocimiento generado en el extranjero con vistas a fundamentar sus empresas transoceánicas: en primer lugar, con la contratación de destacados expertos pilotos de otras nacionalidades; es el caso, por ejemplo, de los afamados Giovanni y Sebastiano Caboto.

A pesar de las provocadoras incursiones de Francis Drake en los dominios marítimos españoles, los sucesivos fracasos en la búsqueda de las diferentes rutas hacia América, junto con los tres viajes de Martin Frobisher y las empresas marítimas llevadas a cabo por Sir Humprey Gilbert entre 1578 y 1579, condujeron a la conclusión de que el problema real estaba en la falta de un completo programa formativo en el arte de la navegación. Los inspiradores de ambas rutas coincidían en la necesidad de mejorar, no sólo el conocimiento, sino también las condiciones en las que se desarrollaba el arte de la navegación. El plan propuesto inicialmente por William Borough era importar la teoría y la práctica hispanas, mediante el establecimiento en Inglaterra de una academia para pilotos. De este modo, la mejor manera de consolidar un imperio pasaba por mejorar la enseñanza del arte de la navegación:

«La cual cosa que nuestra nación debería realizar de un modo más rápido y feliz, que no hay mejor medio, bajo mi modesta opinión, que el incremento del conocimiento en el arte de la navegación y alimentar la habilidad de los marineros [...]»²³⁹.

Esta *Academia naval* se fundamentaría teóricamente en la lectura de los grandes manuales de las grandes autoridades en la materia. En caso contrario, existía de modo latente el peligro al aventurarse a la mar. Según parece, tal era el interés suscitado, que el propio Drake estaba dispuesto a sufragar esta escuela para formar navegantes. Se trataba, en definitiva, en copiar hasta donde fuese posible el modelo español para, posteriormente, retomar el testigo:

«Nuevamente, cuando considero que hay un tiempo para todos los hombres, vemos que el tiempo de los portugueses ha caducado; y la desnudez de los españoles, cuyos sus grandes y oscuros secretos hace tiempo que son espiados,

²³⁸ W. Cunningham, *The Cosmographical Glasse* (London, 1559). Ésta es una obra de carácter puramente académico, desarrollada en forma de diálogo, que, sin embargo, no gozó de mucha repercusión en la época, posiblemente debido a su carácter eminentemente teórico y bastante clásico en sus planteamientos. No se le conoce reimpresión alguna y tampoco fue mencionada ni compilada posteriormente por Richard Hakluyt.

²³⁹ “Richard Hakluyt’s Preface to *Divers Voyages*, 1582.”, en Taylor (ed.) 1935, Doc. 35, p. 179.

por medio de los cuales estuvieron cerca de engañar al mundo. Yo concibo grandes esperanzas para el tiempo actual y el venidero, en el que nosotros, los ingleses, deberíamos apostar y, si queremos, compartir con los españoles y los portugueses, parte de América y otras regiones aún sin descubrir»²⁴⁰.

Hasta cierto punto, España era el espejo que los ingleses querían tomar como modelo, con la consiguiente colonización de nuevos territorios aún por explorar. Los españoles, por un lado, eran un modelo a imitar –en lo bueno:

« [...] en parte otras razas marineras, y en particular nuestra propia raza insular, al percibir cómo empezaron los españoles y cómo progresaron, deberíamos inspirarnos en una similar emulación de su coraje»²⁴¹.

Sin embargo, había un *lado oscuro* que era del todo punto condenable: la excesiva crueldad desplegada por los colonos españoles. Pedro Mártir se había convertido en un autor de cabecera para los ingleses, puesto que había publicado todo lo relativo a los españoles, sin menoscabo de que fuese digno de admiración o de censura:

«En muchos pasajes, él [Pedro Mártir] alaba la constancia de los españoles y su espíritu perseverante, y con la más cálida aprobación narra su resistencia frente a la sed, el hambre, los peligros, el trabajo duro, las vigilias, y en sus constantes problemas. Pero, al mismo tiempo, también registra la avaricia, la ambición, las matanzas, la rapiña, la corrupción, su crueldad hacia los indefensos y los inofensivos y, ocasionalmente, los desastres sufridos por sus guerreros [...]»²⁴².

Pero, tras haber fallado reiteradamente los esfuerzos en establecer y consolidar una *Lecture on Navigation* de carácter público, el único punto de partida posible era la traducción al inglés de los libros de navegación que circulaban en el extranjero, principalmente en el contexto hispano-portugués. Esto fue posible gracias a la intervención de mercaderes ingleses establecidos en ciudades como Sevilla, quienes proporcionaron los libros de los autores españoles y portugueses *de moda* en aquellos momentos. En este sentido, destacados autores como Pedro de Medina y Martín Cortés fueron traducidos al inglés. Pese a que era más reciente su aparición, el primero en publicarse en inglés fue el de Cortés, de la mano de Richard Eden²⁴³; veinte años después, John Frampton fue el encargado de traducir al inglés el *Arte de Navegar* de Pedro de Medina²⁴⁴. En su momento,

²⁴⁰ *Op. cit.*, p. 175.

²⁴¹ “Dedication of Peter Martyr”, en *op. cit.*, Doc. 56, p. 365.

²⁴² “Dedication of Peter Martyr”, en *op. cit.*, Doc. 56, p. 364.

²⁴³ M. Cortés, *The arte of nauigation conteyning a compendious description of the sphere...* (London, 1561). Esta obra de Cortés conoció diez ediciones en este idioma entre 1561 y 1630.

²⁴⁴ P. de Medina, *The arte of nauigation wherein is contained all the rules, declarations, secretes, & aduises...* (London, 1581). A diferencia del manual de Cortés, el trabajo de Medina conoció únicamente una segunda edición inglesa, si bien su repercusión venía avalada por sus quince ediciones francesas entre 1554 y 1663, cinco en holandés desde 1580 a 1598, y tres en italiano (1554, 1555 y 1609).

tales traducciones llegaron incluso a jugar la baza de la *guerra psicológica* en momentos de gran tensión. De este modo, Richard Hakluyt apuntaba que, tras años de paciente labor y dedicación, su gran objetivo había sido «traducir del español, y publicar aquí en este volumen sus secretos, tanto para tenerlos disponibles para nosotros como para molestarles»²⁴⁵.

Como hemos dejado entrever, las relaciones entre la Inglaterra Protestante de Isabel I y la España Católica de Felipe II sufrían altibajos. Las hostilidades manifiestas entre ambos países habían comenzado en 1569, alcanzando su *clímax* en 1588, año en el que la contienda se salda con la derrota de la Gran Armada²⁴⁶. Hubo que esperar hasta 1604, bajo el reinado de Jacobo I, para que la paz se firmara definitivamente entre estos dos países. Pero, hasta que ese momento llegara, el viejo Hakluyt se mostraba deseoso de ser testigo de la destrucción de la supremacía marítima española, así como de su monopolio marítimo y comercial:

« [...] no deberíamos depender de España para los aceites, los sacos, las resinas, las naranjas, los limones, las pieles españolas, etc. [...] así que no deberíamos agotar de este modo nuestro tesoro, y enriquecer sobremanera a nuestros dudosos amigos, como hacemos, sino que deberíamos adquirir las mercancías que queremos por la mitad de lo que ahora lo hacemos [...]»²⁴⁷.

Es más, la unión de las coronas española y portuguesa se percibía como una amenaza con bastantes visos de realidad durante el invierno de 1579 - 1580. Esto traería como consecuencia inevitable que el «arrogante español» sería aún más poderoso y temible. En ese preciso momento, la escapatoria que veía Inglaterra era la apuesta decidida por el *paso del noreste*, en la medida en que tendría gran valor estratégico y comercial:

« [...] que el descubrimiento del paso del noreste debe ser emprendido, no sólo para evitar el gran daño intolerable al carecer de un conducto por lo que pudiera suceder, pero también para apartar a España del comercio de las especias, abatir su Armada, sus riquezas y su prestigio en el mundo»²⁴⁸.

Sin embargo, los teóricos del expansionismo inglés hacían hincapié en que la

²⁴⁵ “Epistle Dedicatory to Sir Robert Cecil by Richard Hakluyt, 1600”, en Taylor (ed.) 1935, Doc. 79, pp. 471- 472.

²⁴⁶ Aparte de suponer una inyección de moral a la hora de forjarse una autoimagen positiva de una nación emergente frente a una potencia enemiga en franca decadencia, este acontecimiento tuvo su contrapunto al provocar que, durante un cierto periodo, Inglaterra nadase en su propia autocomplacencia.

²⁴⁷ “Notes on Colonisation by Richard Hakluyt, Lawyer, 1578”, en Taylor (ed.) 1935, Doc. 18, p. 120.

²⁴⁸ “A Pamphlet by Richard Hakluyt the Younger, 1579- 80: A Discourse of the Commodity of the Taking of the Strait of Magellanyus”, en *op. cit.*, Doc. 24, pp. 143- 144. Este Estrecho de Magallanes se erigiría, bajo estas premisas, en la puerta de entrada y en la estación de paso hacia las Indias tanto Orientales como Occidentales.

aventura colonial inglesa tenía que tener un carácter marcadamente diferente de la realizada por los españoles. En este punto podemos apreciar un rasgo del credo protestante oficial, en la medida en que la riqueza y la prosperidad obtenidas no era más que una consecuencia natural de sus prácticas (comerciales) y de su esfuerzo, signo de la bienaventuranza divina. Por el contrario, estos autores denunciaban que la obtención de riqueza a corto plazo era el motivo principal que movía a los navegantes y conquistadores ibéricos a efectuar los saqueos y las matanzas que autores como Fray Bartolomé de las Casas denunciaban:

« [...] el orgullo y la avaricia de los españoles y los portugueses quienes, fingiendo con gloriosas palabras que han realizado principalmente sus descubrimientos para convertir a los infieles a nuestro muy sagrada fe (como dicen), en realidad no codiciaban más que sus bienes y riquezas»²⁴⁹.

Una segunda etapa en los procesos de traducción se inauguró en el momento en que Inglaterra deja de mirar hacia la agónica España, cuyos manuales de navegación se habían ido quedando anticuados dada su ineficacia para enfrentarse a la problemática particular de la navegación por altas latitudes del globo terrestre, y tornaron sus ojos hacia la, hasta entonces, aliada Holanda. Las simpatías que se habían establecido entre ambos países venían dadas merced a un doble motivo: en primer lugar, Inglaterra y Holanda compartían una cierta querencia a las transacciones comerciales, además de un credo religioso de carácter protestante; pero, sobre todo, compartían un enemigo común, que no era otro que España. Una vez desaparecida la amenaza española, las simpatías iniciales devinieron en mutuos recelos cuando lo que estaba en juego era el control de los mercados. En otras palabras, cualquier conocimiento que fuera preciso necesariamente tenía que ser importado del extranjero, en particular el conocimiento empírico del arte de la navegación²⁵⁰. Pero, hasta que llegara ese momento, las peculiaridades de las rutas que emprendían tanto los marineros ingleses como los holandeses imponían un doble condicionamiento al que debían hacer frente.

El primero de ellos se derivaba de la manifiesta inadecuación de las cartas marinas empleadas en la navegación por latitudes septentrionales, zonas en las que los meridianos convergían progresivamente. En términos prácticos, seguir el rumbo trazado en una carta se tornaba una tarea confusa, en la medida en que, aunque representados los rumbos como

²⁴⁹ “Richard Hakluyt’s Preface to *Divers Voyages*, 1582”, en *op. cit.*, Doc. 35, p. 178.

²⁵⁰ Bajo estas premisas, se entiende que Caboto fuera un marinero de origen italiano cuyos mayores logros se hicieron bajo bandera inglesa.

líneas rectas, su desarrollo en alta mar devenía en una línea espiral. El segundo, que concernía más a los intereses teóricos de William Gilbert, tenía que ver con el llamado problema de la variación de la aguja magnética: ésta experimentaba con mayor frecuencia llamativos cambios en los valores registrados, y en los sentidos de su orientación, con lo que los tradicionales remedios de desplazar un poco la rosa de los vientos no resultaban para nada adecuados ni medianamente eficaces; peor aún, los diferentes tipos de compases náuticos podían aspirar, como mucho, a tener únicamente una aplicación local.

Inglaterra pudo finalmente contribuir al arte de la navegación con un *corpus* nativo de conocimiento recopilado de la experiencia directa, principalmente desde 1581 en adelante (Taylor [1935] 1967, p. 39). En este año vieron la luz tanto la iluminadora obra de Robert Norman como el famoso tratado de William Borough, publicados ambos conjuntamente en un mismo volumen²⁵¹. A partir de ese momento, las diferentes obras del periodo testifican la convergencia tanto de las crecientes habilidades de los navegantes ingleses como de los esfuerzos de los matemáticos aplicados, cuyos resultados culminan en la obra de Edward Wright y en la filosofía magnética de William Gilbert (Pumfrey, 1987a, p. 254).

4. Matemáticas, Geografía e Imperio.

En sus inicios, la Geografía Matemática estaba vinculada directamente con su aplicación práctica, comprometida, a su vez, con la reforma radical de la práctica náutica inglesa (Cormack 1997, p. 226). Las diferentes obras prácticas del periodo intentaron aportar soluciones encaminadas en una triple dirección: primero, la búsqueda de la longitud en alta mar, tal y como se había heredado desde antaño; a ello se le añadía un esfuerzo destinado a encontrar un modo seguro de navegar en aguas septentrionales, las cuales, a pesar de estar relativamente libres de enemigos directos, eran especialmente dificultosas para navegar; una de las razones se debía al conocimiento tan deficiente de la variación de la aguja magnética. En paralelo con esto, se hizo necesario asimismo el desarrollo de una nueva proyección matemática alternativa a la tradicional para elaborar las cartas marinas. Casi sin excepción, los matemáticos prácticos isabelinos jugaron un

²⁵¹ R. Norman, *The Newe Attractiue...* (London, 1581); W. Borough. *A Discourse of the Variation of the Cumpas, or Magneticall Needle* (London, 1581).

protagonismo destacado en esta empresa imperialista. La alianza consolidada entre las matemáticas y la exploración marítima se desarrollaba en una triple dimensión (Alexander 2002, p. 3).

En primer lugar, los matemáticos proporcionaron una valiosa asistencia técnica: inventaron y fabricaron instrumentos de navegación, calcularon tablas astronómicas, e incluso trazaron cartas marinas que se manejaban en las expediciones. En segundo lugar, más allá de las mejoras en las técnicas, los matemáticos de la época estaban comprometidos en la empresa imperialista hasta el punto de que algunos de ellos tomaban parte en dichos viajes de exploración: Thomas Harriot, por ejemplo, se enroló en las expediciones de Sir Walter Raleigh a Newfoundland²⁵²; Edward Wright, por su parte, acompañó al Conde de Cumberland en su periplo por las Azores en 1589²⁵³. Asimismo, estos matemáticos fueron destacados promotores de esas mismas empresas transoceánicas, y lo hicieron apelando a la narrativa de la información geográfica, favoreciendo así la creación de una ideología imperialista. Ésta fue más claramente articulada por John Dee, quien había redactado el prólogo de la reciente y novedosa traducción inglesa de los *Elementos* de Euclides²⁵⁴.

Finalmente, los matemáticos aplicaron esta misma imagen imperialista a su propia obra, concebida como adecuada para desvelar arcanos secretos. Esta narrativa fue típica de la mayoría de los matemáticos prácticos ingleses de finales del siglo XVI, y mantuvo una serie de elementos en común, con independencia del autor en cuestión. El primero de estos elementos consistía en postular la existencia de un *tesoro* oculto, real o inventado, que funcionaba como un objetivo que espoleaba la búsqueda y que esperaba a ser descubierto. El segundo de estos elementos lo constituía la presencia de una serie de imponderables a modo de *obstáculos* que había que sortear para poder alcanzar ese objetivo, lo cual acrecentaba, a su vez, el sentido de la recompensa. Para que la empresa se coronase con

²⁵² Los pormenores del viaje se relatan en T. Harriot, *A Briefe and True Report of the Newfoundland of Virginia* (London, 1588).

²⁵³ Wright publicó la relación de este viaje, titulada “The Voyage of right Ho. George Earl of Cumberl. to the Azores” como un apéndice a su *Certaine Errors in Nauigation* (London, 1599)

²⁵⁴ H. Billingsley, (ed). *The elements of geometrie of the most auncient philosopher Euclide of Megara*. (London, 1570). Dee fue uno de los máximos defensores del *paso del Noreste* como vía más corta y segura para alcanzar las costas de China, y a ello dedicó gran parte de su *Of Famous and Rich Discoveries...* (London, 1577). No obstante, también jugó un papel igualmente destacado en la formación de la *Northwest Passage Company*, por cuanto su labor de asesor se multiplicó en diferentes facetas, incluyendo la coordinación de la compañía que envió a John Davis en 1585 a descubrir el Estrecho que lleva su nombre.

éxito, faltaba aún un tercer elemento, que se concretaba en el descubrimiento de unos *pasadizos* o vías que permitiesen franquear dichos obstáculos.



[Extracto del Frontispicio de J. Dee, *General and Rare Memorials pertaining to the perfect Arte of nauigation*. (London, 1577)].²⁵⁵

5. La impronta de Edward Wright en el *De Magnete de Gilbert*.

El *De Magnete de Gilbert* fue inmediatamente precedido en 1599 por *Certaine Errors in Nauigation* de Wright.²⁵⁶ Entre los matemáticos prácticos, Edward Wright es

²⁵⁵ La interpretación clásica de la ilustración sugiere lo siguiente: la Reina Isabel está al timón de un gran navío (Europa), que navega en dirección a un castillo, la Ocasión (*Occasio*). Dicho navío está escoltado por el personaje mitológico de Europa y el toro blanco que la sedujo (Zeus). En tierra se halla, en actitud suplicante, la figura arrodillada de la República Británica, quien le explicita el deseo de sumarse, junto con un amplio ejército, a la empresa imperial. En el plano superior, destaca la presencia del Arcángel San Miguel, portador de la iluminación divina; junto a él, tanto el Sol, como la luna y las estrellas, parecen aguardar por el Nuevo Orden. En otras palabras, el universo entero está a la espera de que Isabel I ocupe el ansiado lugar como regente de un vasto imperio. Únicamente ha de hacer suya la Ocasión para que se cumpla el designio cósmico de la perfecta armonía del mundo.

²⁵⁶ En esta obra, el autor advertía en el Prefacio dedicado al lector que su tratado consistía en cuatro partes, que correspondían con el orden de problemas que se había propuesto analizar: 1) *Hidrográfica*, al tratar de la

conocido por haber mantenido una actitud bastante agresiva respecto a la relación entre matemáticas y exploración. Existe un cierto consenso entre los historiadores a la hora de postular la estrecha colaboración entre Wright y Gilbert, iniciada a partir de la década de los ochenta (Pumfrey [2002a] 2003, pp. 175 y ss.). Partiendo de la base de que el éxito inicial de la filosofía magnética se debió en parte a la alianza establecida entre la filosofía natural y el componente matemático aplicado tanto a la astronomía como a la navegación, no es de extrañar que una parte significativa del *De Magnete* no surgiese del puño y letra del Dr. Gilbert. Un gilbertiano posterior, Mark Ridley recoge en su obra el secreto que tan celosamente había guardado Wright, y el procedimiento seguido para obtener la confirmación de sus sospechas iniciales a partir de la recomendación de que leyese encarecidamente la dedicatoria de Wright, quien era definido como:

«[...] un hombre muy sacrificado y experto en Matemáticas, un digno lector de esa Cátedra de Navegación para la Compañía Oriental de las Indias. Es un gran defecto para ese arte, que la Cátedra no continuase ni se mantuviese más liberalmente, siendo enormes sus beneficios. Este hombre tomó mucha dedicación en la corrección de la impresión del libro del Dr. Gilbert, y discutió mucho con él. Le pregunté respecto a si el sexto libro, el cual no cree en ningún modo, era de algún modo obra suya o realizado con su ayuda, puesto que sabía que él estaba más informado en Copérnico desde su juventud. Y él negó que le ayudase; repliqué que el capítulo 12 del libro IV debía ser de él, a causa de las tablas de las Estrellas fijas, así que confesó que sí era el autor de ese capítulo, y preguntándole si observaba al Autor experto en Copérnico, contestó que no. Y entonces se encontró que un tal Doctor Gissope era muy estimado por él, hospedándose en su casa, de quien sabemos que siempre fue un buen investigador en Matemáticas. Juzgamos que fue una gran ayuda quien era durante mucho tiempo entretenido por Sir Charles Chandish; he visto hojas enteras de su puño y letra de Demostraciones como si fuera Copérnico, en un libro de Filosofía copiado de otra mano. Este hombre debía sucederme a mí en Rusia [como médico] si Dios no lo hubiera llamado, con su muerte, a un lugar mejor»²⁵⁷.

También a Wright se le atribuye la invención y posterior construcción de instrumentos para uso náutico²⁵⁸. Asimismo, Wright habría aleccionado a Gilbert sobre cuestiones de navegación astronómica, incluyendo las correcciones y, sobre todo, mantuvo

reforma de la carta marina; 2) *Magnética*, que daría cuenta del problema de la variación de la aguja magnética; 3) *Geométrica*, reservada al análisis de la ballestilla; y, finalmente, 4) *astronómica* (la única que aparece en minúscula, como si menoscabara el estatus de la misma), dedicada a las tablas de las declinaciones solares.

²⁵⁷ Ridley 1617, pp. 8-9. Pumfrey encuentra razonables indicios para identificar la figura del Doctor Gissope, del cual Gilbert es deudor en materia astronómica, a Joseph Jessop, atribuyéndole una notable participación en la confección de *DM II. 22*.

²⁵⁸ La historiadora E.G. R. Taylor señala que Wright disponía, además de «su esfera, su Reloj, su marcador terrestre [Mundane Dial] y sus sextantes», de un instrumento nuevo para la Declinación, según hacía referencia un cuñado suyo en una carta datada en junio de 1600 (Taylor [1954] 1967, p. 182).

a Gilbert actualizado en matemática aplicada (*Op. cit.*, pp. 60 y ss.). De un modo general, puede afirmarse que Gilbert tenía la hipótesis en su cabeza, mientras que Wright aportaba los datos que la fundamentaban.

5.1. Ciertas soluciones para “Ciertos errores”.

En *Certaine Errors*, Wright reclamaba que nadie podía negar la excelencia de la ciencia de la navegación, debido a sus beneficios, puesto que abría la vía a nuevas mercancías y tesoros escondidos en las más remotas partes de la tierra (*CEN*, p. ij^f - ij^v). Comparado con la dedicatoria contenida en el *De Magnete*, podemos encontrar ciertos puntos en común, especialmente en lo concerniente a lo que se ha dado en llamar una *representación pública* positiva de la actividad desarrollada (Latour [1999] 2001, pp. 127-129), cuya misión no sería otra que justificar los recursos potenciales invertidos en ella:

« [...] desde que se nos ha traído por la divina agencia de esta piedra [magnética], continentes de tan vasto territorio, un infinito número de tierras, islas, gentes, y tribus, que habían permanecido desconocidos por tanto tiempo, han sido ahora hace poco tiempo [...] fácilmente descubiertas, y frecuentemente exploradas, y que el recorrido del globo terrestre en su totalidad haya sido más de una vez circunnavegado por nuestros compatriotas, Drake y Cavendish [...] Al señalar el hierro tocado por una piedra imán, los puntos del Sur, Norte, Este y Oeste, y los otros cuartos del mundo, son conocidos a los marineros incluso bajo un cielo nublado y en la noche más oscura»²⁵⁹.

No obstante, reconocía Wright lo siguiente:

«El Arte de la Navegación, [...] qué lejos se encuentra aún hoy de la perfección deseada [...].

Pero tanto los libros de los eruditos que existen para testificarlo, como la razón (aprobada por ensayos frecuentes), muestran lisa y llanamente que los medios principales, y los Instrumentos usados en este Arte, han estado tan lejos de esta perfección que, contrariamente, han estado y están muy manchados con muchos borrones y máculas de error e imperfección»²⁶⁰.

Nuestra hipótesis de trabajo va en la dirección de considerar ambos tratados, *Certaine Errors* y *De Magnete*, como las dos caras de una misma moneda, en virtud tanto de la contemporaneidad de ambas obras, cuanto de la convergencia de planteamientos producto de la evidente asociación establecida entre los dos miembros del tándem. De hecho, si tomamos ambas obras en conjunto, percibimos una respuesta global a los tres problemas listados más arriba. Por lo tanto, en tanto que tratados complementarios,

²⁵⁹ Wright, “Ad Gravissimvm Doctissimvmque...”, en *DM*, p. iij^v.

²⁶⁰ *CEN*, “The Preface To the Reader”, s/p.

Certaine Errors y *De Magnete* articulan soluciones conjuntas a los problemas prácticos referenciados más arriba, y que procedemos a comentar a continuación:

5.1.1. *La reforma cartográfica.*

Entre las fuentes de error que hacía que la navegación no fuera en absoluto segura, figuraba, en primer lugar, el trazado y la proyección de la carta marina, a cuyo análisis le dedicó Wright un tratamiento más detallado en *Certaine Errors*:

«La carta marina (el mejor medio que tenía el Marinero para conocer el curso de un lugar a otro), como ha sido hasta ahora generalmente hecha, es tan errónea desde su propio fundamento (esto es, en los alineamientos geométricos de los meridianos, paralelos, y rumbos descritos en ella) que, de dicho documento, pueden surgir grandes errores, que podrían producir que el marinero perdiese uno, dos, e incluso tres puntos de la Brújula (y, en ocasiones más en la Navegación por altas latitudes septentrionales y australes) en la búsqueda del curso de un lugar a otro [...]»²⁶¹.

Las cartas marinas tradicionales se habían mostrado ineficaces en las altas latitudes, debido a la discrepancia existente entre las líneas rectas trazadas sobre la carta, y la derrota en espiral del navío en la práctica. La solución cartográfica planteada por Edward Wright fue posible merced a los contactos establecidos anteriormente entre ingleses y holandeses, y consistió en la adaptación para el uso de los marineros de la proyección desarrollada por Mercator en 1569, trazado conforme a una *proyección cilíndrica regular directa*. En dicho mapa, la distancia más corta entre dos puntos (el círculo máximo) se representa como una *loxodromia*, esto es, como una línea recta. Los paralelos se representan como rectas paralelas al eje de abscisas, y conservan las distancias; los meridianos, por su parte, son rectas paralelas al eje de ordenadas, que es, a su vez, el primer meridiano de origen, curiosamente de carácter magnético y que servía, además, para satisfacer determinados propósitos estéticos al dividir en dos regiones perfectamente delimitadas el mapa. La distorsión observada se da en las regiones polares, cuyo tamaño es relativamente desmesurado, si bien no eran regiones relevantes por cuanto resultaban desconocidas hasta entonces. Su hijo y sucesor, Rumold Mercator, continuó con las directrices de su celeberrimo padre en el *Mapamundi* de 1587 y en el *Atlas* de 1595.

El conservadurismo atribuido históricamente a los hombres de mar, como

²⁶¹ CEN, “The Preface To the Reader”, s/p.

profesionales reacios a las innovaciones, recuerda al mostrado por los marineros del poema de Lewis Carroll, con su inexplicable desconfianza hacia su capitán:

«He had bought a large map representing the sea,
Without the least vestige of land:
And the crew were much pleased when they found it to be
A map they could understand.
“What’s the good of Mercator’s North Poles and Equators,
Tropics, Zones, and Meridian Lines?”
So the Bellman would cry: and the crew would reply:
“They are merely conventional signs!
Other maps are such shapes, with their islands and capes!
But we’ve got our brave Captain to thank”
(so the crew would protest) “that he’s bought us the best-
A perfect and absolute blank!»²⁶².

Hasta ese momento, las cartas ordinarias representaban en sí mismas una solución laberíntica, puesto que no establecían una correspondencia unívoca entre el rumbo trazado y la derrota seguida por el navío. Para solucionar este *laberinto* de error y confusión creado por la inadecuación de las cartas tradicionales a las nuevas condiciones de la navegación, y sabedor de las resistencias que iba a encontrar en ambientes más acostumbrados a enfrentarse a problemas prácticos que a seguir el desarrollo matemático propio de un especialista, Wright se valió de una metáfora visual para explicar el efecto de la distorsión que presenta dicha proyección en las regiones polares. De este modo, en palabras de Wright:

«Supóngase una superficie esférica con meridianos, paralelos, rumbos y la descripción hidrográfica en su conjunto trazada [...] para ser inscrita en un cilindro cóncavo, compartiendo ambos ejes.
Deje que esta superficie esférica se infle como un globo (mientras esté inflándose) siempre igualmente en cada parte de ella [...] cada paralelo de esta superficie esférica se incrementa sucesivamente desde la equinoccial hasta los polos, hasta que viene a tener el mismo diámetro que el cilindro y, en consecuencia, los meridianos se agrandan, hasta que estén tan distantes cada uno como lo están en la equinoccial. [...] Así que esta esfera náutica podría ser definida como un simple paralelogramo a partir de la superficie esférica de un globo hidrográfico inscrito en un cilindro cóncavo, concurriendo ambos ejes en

²⁶² L. Carroll, “The hunting of the snark”, en *The Complete Works of Lewis Carroll*, pp. 682- 683. A diferencia del resto de los pasajes seleccionados, optamos por transcribir el original para evitar la pérdida de la musicalidad inherente al poema, y facilitamos la traducción como nota al pie: Él [el Capitán] compró un mapa grande que representaba el mar / sin el menor vestigio de tierra: / Y la tripulación estaba encantada cuando vieron que era / un mapa que podían entender. / “¿Cuál es la ventaja de los Polos Norte, Ecuadores/ Trópicos, Zonas, y Meridianos, de Mercator?”, gritaría el campanero: y la tripulación replicaría: / “Son meros signos convencionales! / Otros mapas son de formas semejantes, con sus islas y cabos! / pero tenemos que agradecer a nuestro bravo capitán (se quejaría la tripulación) “que nos haya comprado el mejor / -uno perfecta y absolutamente blanco.”

uno [...]»²⁶³.

Como corolario, Wright exhortaba a que:

«En este planisferio náutico así concebido para su elaboración, todos los lugares deben estar situados en las mismas longitudes, latitudes, y direcciones o rumbos, y sobre los mismos meridianos, paralelos y rumbos que estaban en la esfera [...]»²⁶⁴.

Un mapa de estilo similar se encuentra también en *The Principal Navigations...*, de Hakluyt (London, 1599), con lo que no parece razonable que debamos descartar de antemano la influencia del propio Wright, teniendo en cuenta que el trabajo de ambos convergía en cuanto a objetivos e intereses. Sobre la fortuna que correrían los mapas trazados conforme a esta proyección, y posiblemente como resultado de haber sido instaurada una nueva tradición, vale el siguiente texto de Halley:

«La proyección de esta Carta es conocida como ‘de Mercator’; pero, dado su particular Uso en Navegación, debería ser denominada *Náutica*, puesto que es la única Carta Verdadera y Suficiente para el Mar. Se supone que todos aquellos al mando de los Navíos en largos Viajes, están tan familiarizados con su Uso como para no necesitar Directriz alguna desde aquí»²⁶⁵.

5.1.2. Mejoras auxiliares en la navegación.

Aquí podemos comentar los otros problemas listados por Wright, concretamente en los lugares tercero y cuarto, respectivamente:

«La Ballestilla, el instrumento principal, el que ha sido más comúnmente empleado para observar las Altitudes del Sol o las Estrellas [...]»²⁶⁶.

Los problemas asociados al uso de la ballestilla, en opinión de Wright, tenían que ver sobre todo con el descuido de ciertas variables a la hora de realizar observaciones con dicho instrumento: en primer lugar, la *excentricidad* del ojo del observador, que puede conducir a errores de un grado o más. Wright propuso un procedimiento para calcular la misma, y añadir posteriormente ese valor tras observar la distancia aparente del sol o las estrellas. Un segundo problema radicaba en la omisión del valor de la *altura* del ojo del observador sobre

²⁶³ CEN, p. C3^r.

²⁶⁴ CEN, p. C3^v.

²⁶⁵ E. Halley, "The Description and Uses of a New and Correct SEA-CHART of the whole World, shewing the variations of the COMPASS", en Hellmann [1895] 1969, p. 7. Nótese que este entramado se articula sobre consensos previos, que se van consolidando paulatinamente.

²⁶⁶ CEN, "The Preface To the Reader", p. JJ^v.

el nivel del mar; para solventarlo, Wright aportaba una tabla de valores que habían de restarse del valor calculado directamente en un primer momento. Un tercer problema surgía al no tenerse en cuenta la *paralaje* solar, y para ello Wright presentaba otra tabla de valores que han de sumarse al valor obtenido inicialmente para calcular la altura aparente del sol.

«Pero este bastón [*staffe*] y los demás Instrumentos (aunque jamás han sido bien hechos ni bien usados) no pueden ser de mayor utilidad, para hallar la Latitud en el Mar, si no se conoce la declinación del Sol y de las Estrellas que nosotros observamos»²⁶⁷.

Para intentar subsanar las deficiencias halladas entre los diferentes *regimientos* en circulación, Wright contribuyó a la materia con una serie de tablas de declinaciones con una vigencia de cuatro años. El objetivo que se propuso era doble: por un lado, que se llegara a conocer la posición del Sol una vez calculada su declinación; y viceversa, que fuese posible conocer la declinación solar a partir de la posición inicialmente registrada del Sol. A tal efecto, Wright añadiría igualmente una tabla de altitudes solares y otra de efemérides.

5.1.3. La solución magnética para el problema de la longitud: la influencia hurtada de Stevin.

Con anterioridad al *De Magnete* y a *Certain Errors*, Edward Wright había traducido al inglés la obra del holandés Simon Stevin, de *Havenvinding* (Leiden, 1599), sobre la versión latina de Hugo Grocio²⁶⁸. Dicha obra se considera no sólo un antecedente inmediato de la obra de Gilbert, sino que ejerció sobre el autor isabelino considerable influencia, seguramente gracias a su estrecho colaborador. El *De Magnete* de William Gilbert se pudo aprovechar no sólo de estos trabajos tan influyentes en el contexto holandés, sino también de las propias contribuciones originales de Wright, y todo ello no sólo por amor al arte (de la navegación), sino también con fines eminentemente políticos. Wright intentaba persuadir al lector de la superioridad que habían alcanzado los marineros ingleses sobre los holandeses, aunque no eran considerados, estrictamente, como enemigos:

«Los marineros ingleses, aquellos que he sabido que han tenido la habilidad de encontrar los lugares en el mar por medio de la latitud y la variación desde hace más de diez años del mismo modo que se prescribe en este libro, deberían ahora,

²⁶⁷ CEN, pp. JJ^v- JJ 2.

²⁶⁸ S. Stevin. *The hauen-finding art, or The vway to find any hauen or place at sea, by the latitude and variation* (London, 1599). En adelante, nos referiremos a esta obra como *HV*.

bien por no invertir demasiado en preparativos, o bien por querer ser diligentes empleando instrumentos conocidos para dicho propósito, lanzarse tras los holandeses; ellos podrían concebir la esperanza, que no sólo no estarán por detrás, sino que los excederán de largo, e irán más allá de ellos, o de cualquier otra nación [...] porque un compatriota, *M. Robert Norman*, ha revelado un secreto de la aguja magnética, el cual otras naciones parecen ignorar aún, esto es, la caída del extremo norte de la aguja tocada con la piedra imán por debajo del horizonte»²⁶⁹.

La estrategia seguida por Wright consistía en traducir al inglés el novedoso tratado de Stevin para, aprovechando el conocimiento del fenómeno de la inclinación de la aguja magnética, sobrepasar en *excelencia* a los holandeses. No obstante, tanto ingleses como holandeses conformarían una misma red de contactos a pesar de la reciente dinámica competitiva en la que se veían envueltos:

«No cabe la menor duda de que estos eminentísimos hombres, Petrus Plancius (no tan profundamente versado en Geografía cuanto en observaciones magnéticas) y Simon Stevin, el matemático más eminente, se regocijarán en grado sumo cuando vean por primera vez estos libros suyos de usted [*De Magnete*] y comprueben su [...] *Haven-finding Art*, enorme e inesperadamente enriquecido y desarrollado; e, indudablemente, urgirán a sus propios capitanes, tanto como sean capaces, a observar en todo lugar la inclinación magnética no menos que la variación»²⁷⁰.

Sin embargo, parece que la experiencia previa inmediatamente reciente no invitaba a ser tan optimista, por cuanto Wright dedicaría parte de su *Certaine Errors* a analizar, como una segunda fuente de errores,

«La Brújula, el principal instrumento para mantener el rumbo [...] mostrado por la Carta, al desvirtuarse por la Variación, podría causar (como así ha sucedido) que yerre un punto o dos en los cursos de los diversos lugares [...]»²⁷¹.

El análisis más extensivo del problema de la variación magnética lo encontramos, lógicamente, en el *De Magnete*. Gilbert añadió un *plus* de complejidad a las previsiones más ingenuas y optimistas que defendían una correlación directa entre longitud y variación, basándose en los planteamientos del matemático holandés Simon Stevin. En líneas generales, Stevin sostenía lo siguiente:

«Si se conocen la variación de la aguja magnética y al latitud del lugar, puede encontrarse el mismo lugar, aunque la longitud permanezca desconocida [...] Pero algunos podrían objetar que hay muchos lugares que tienen la misma

²⁶⁹ E. Wright, “Epistle Dedicatorie to Sir Charles Earle of Nottingham, Baron Howard of Effingham”, en Stevin 1599, pp. A3^v- A4^r.

²⁷⁰ Wright, “Ad Gravissimvm Doctissimvmque...”. En: *DM*, p. v^v.

²⁷¹ *CEN*, “The Preface to the Reader”, s/p- *JJ*.

latitud y variación que la que tiene la ciudad de Ámsterdam: a quienes les podríamos rápidamente responder que, en realidad, existen tales lugares: pero están tan distantes unos de otros, que pueden ser identificados en otras circunstancias [...]»²⁷².

Para lograr este propósito, se incluía en la obra de Stevin una tabla de variaciones, como resultado de las sucesivas transformaciones de las observaciones recogidas en la obra de Plancius, a instancias del Príncipe Maurice de Nassau. En este punto, nos resulta interesante recalcar que:

« [...] debemos saber que la aguja Magnética muestra siempre la misma parte del cielo en un único y mismo lugar, pero no la misma parte en todos los lugares»²⁷³.

En otras palabras, para Stevin los valores recogidos de la variación magnética permanecerían constantes, si bien éstos diferían de un lugar a otro. Estas tesis las defendería William Gilbert en su totalidad. Más aún, conforme a sus propios planteamientos expuestos con anterioridad, el supuesto Meridiano Magnético «no es realmente magnético, ni tampoco un meridiano» (*DM II*. 10, p. 79)²⁷⁴. Gilbert creía, por ello, en la existencia de múltiples líneas de flujo magnético, pero el Meridiano Magnético como tal no era más que un índice de la ausencia de variación en un punto muy concreto. De este modo, contradecía la primera de las opciones magnéticas de hallar la longitud mediante razones magnéticas: la búsqueda de la línea *agónica* (presumiblemente cercana a las Azores) como indicador *natural* de la existencia de un primer meridiano. Gilbert martilleaba en los cimientos de autores que se habían dejado llevar por una cierta ingenuidad al postular la existencia de una correlación entre el grado de variación de la

²⁷² *HV*, p. C2.

²⁷³ *Op. cit.*, p. 11.

²⁷⁴ Durante el transcurso de nuestra investigación, no queríamos pasar por alto el curioso paralelismo entre el listado de errores señalados por Wright con los que, años antes, había denunciado Thomas Digges, a saber: «Primero, todas sus Cartas se describen con líneas Meridianas rectas trazadas equidistantes o Paralelas [...]

Segundo, ellos suponen que siguiendo cualquiera de los puntos de sus Compases náuticos, deberían atravesar la Circunferencia de un gran círculo, y por ello en la Carta plana describen estos vientos con líneas rectas [...]

Tercero, su regla para conocer la Latitud por la estrella Polar [...]

Cuarto, su toma [de la altura] del Sol con su Ballestilla (como la llaman) es más falsa [...]

También las reglas que tiene para conocer cuántas leguas han recorrido sobre cada punto para alcanzar un grado de Latitud son también simplemente falsas [...]

Para la reforma de estos errores e imperfecciones, se deben prescribir nuevas Cartas, nuevos Instrumentos y nuevas Reglas. Los cuales he preparado en un volumen especial para dichos fines, deseando que, mientras no se sea capaz de reformar estos fallos, se abstenga de enseñar más errores a nuestros Compatriotas» (Digges 1576, s/p.). Por tanto, el planteamiento de Wright no se puede calificar de estrictamente novedoso en modo alguno. Es de suponer que la cuestión de la autoría intelectual permanecía un tanto difusa en la época, y que cada obra mantenía una deuda contraída con las anteriores de un modo que no siempre se hacía explícito, y que tácitamente sólo se reconocía en ocasiones.

aguja magnética y la longitud. En este contexto cobra sentido la acritud de la respuesta dedicada a Giambattista della Porta y, por extensión, a todos los que, como él, creyeron en la simple correlación de variación y longitud:

« [...] él [Porta] piensa que ha encontrado un índice verdadero para la longitud. Pero está equivocado. No obstante, admitiendo y asumiendo estas cosas (aunque fueran perfectamente verdaderas), fabrica un compás grande que indica grados y minutos, por medio del cual se observarían estos cambios proporcionales del versorium. Pero esos mismos principios son falsos, mal concebidos, y paupérrimamente estudiados»²⁷⁵.

Sin embargo, teniendo en cuenta las premisas expuestas por Wright, en lo concerniente al descubrimiento y al conocimiento de la inclinación de la aguja magnética, se suponía que la obra de Gilbert suponía un salto cualitativo respecto de la de su inmediato predecesor. Bajo estas coordenadas, un navegante podría hallar su posición si tenía en cuenta tres variables: primero, la *variatio*; segundo, la *declinatio*, que estaba estrechamente relacionada con la latitud; y, finalmente, la latitud misma, obtenida también por medios astronómicos (mediante la altura del Sol) para confirmar la anterior.

Puesto que la correlación entre longitud y declinación magnética no se revelaba directa, la solución pasaría, según Gilbert, por encontrar la intersección de un paralelo observado con la isogónica de la *variatio* medida. Idealmente, se urgía a registrar mejores datos y más precisos para ser representados en un mapa basado en una proyección de Mercator. Los diferentes ensayos se consideraban determinaciones comparables de una misma cantidad. El *De Magnete* mismo testimonia esta opinión al mostrar el diseño de instrumentos específicos para calcular tanto la *variatio* como la *declinatio*; se asumía con ello, que la solución dependía de la mejora de los instrumentos. Y mientras no se pudiese alcanzar ese grado óptimo de precisión, quedaría el consuelo de su utilidad para el cálculo de la latitud, sin duda un premio menor. Por lo tanto, parecía que la suerte parecía ser esquiva de nuevo en lo tocante a la resolución de este espinoso problema, aunque esta vez debido a limitaciones técnicas. Pero, en la práctica, los marineros no consideraron, en líneas generales, la variación como una cuestión relevante, aunque se les exhortaba a realizar continuas observaciones (Pumfrey 1987a, p. 254, 24n). Incluso cuando eran conocidos los fenómenos de atracción, repulsión, y de transferencia, la cuantificación de la fuerza magnética en función de la distancia resultaba problemática. El filósofo natural del

²⁷⁵ DM IV. 9, pp. 166- 167.

siglo XVII vivía aún en un mundo de ángulos en vez de en uno vectorial, lo que se traducía en que sólo podía describir un campo magnético en términos de inclinación y declinación, y no era capaz de asociar un vector a cada punto en el espacio. Por eso, en el mejor de los casos, el estudioso no podía más que asumir una influencia directa de los polos magnéticos de la Tierra sobre el compás náutico (Jonkers 2003, p. 32).

5.2. Las Matemáticas como modelo en el *De Magnete*.

Una vez establecida la asociación entre *matemáticas, navegación e imperio*, resulta natural el *orden geométrico* que tanto sedujo a Gilbert para exponer su filosofía magnética en el *De Magnete*:

«Y así como la geometría asciende, desde varios principios muy pequeños y sencillos, a los grandes y más complejos, por medio del ingenio, el hombre trepa sobre el firmamento; así en nuestra doctrina y ciencia magnéticas se parte primero, en conveniente orden, de las cosas que son menos oscuras; desde ellas, vienen a la luz otras que son más notables; y, al final, en debido orden se abren las cosas más ocultas y más secretas de la esfera de la tierra»²⁷⁶.

Este orden geométrico representa el *clímax* matemático que pretendía enarbolar, paradójicamente, una obra eminentemente cualitativa sobre magnetismo. Y, a la vez, justifica metodológicamente la afirmación, bastante *latouriana*, por cierto, de que Gilbert circunnavegara el mundo con su propia *terrella* desde la quietud de su cuarto de estudio, sin el temor de toparse con los *orgullosos españoles* en su camino ni de contraer el escorbuto. Gilbert se convirtió, de este modo, en un viajero por su propio derecho. Lo que hemos desarrollado hasta este punto nos puede servir para suavizar el impacto producido inicialmente por la inclusión de William Gilbert dentro de la categoría de los matemáticos aplicados realizada por Taylor [1935] 1967. Aún más, nos atrevemos que sugerir que la influencia de Edward Wright no se ceñiría únicamente a la parte técnica, como convincentemente ha demostrado Pumfrey 1987a, sino que el propio Gilbert se hizo eco de una serie de asunciones compartidas que tienen que ver con la llamada *retórica de la exploración* expuesta anteriormente, las cuales se manifiestan en la existencia de elementos comunes con la descripción realizada. En este sentido puede afirmarse que, con independencia del compromiso de Gilbert con las empresas transoceánicas, *nuestro autor*

²⁷⁶ DM, “Praefatio”, p. ij^v.

recibió la influencia de la atmósfera propia de su tiempo, y nos parece que la influencia más cercana la recibió de su amigo y colaborador Edward Wright, quien fue asimismo uno de los más destacados exponentes de esta corriente. Lo realmente llamativo del caso es que estos elementos se perciben ya en el *Prefacio* de la obra, el cual, aparentemente, presentaba exclusivamente la otra vertiente del *De Magnete*, la más próxima a la filosofía natural. Por tanto, parece que los vínculos entre una y otra dimensión plantean una difuminación de los límites, como si operase una especie de intrusismo temático.

5.2.1. Retórica de la exploración en el *De Magnete* de W. Gilbert.

Los grandes viajes impresionaron profundamente a los intelectuales de la época, en particular desde que se conceptualizó que la búsqueda del conocimiento implicaba un viaje en sí mismo. El énfasis en el estudio empírico y experimental de la naturaleza fue promocionado por la concepción de la filosofía natural como una exploración del mundo natural, una imagen en parte inspirada por las primeras empresas marítimas. Las nuevas tierras encontradas representaban el anatema del conocimiento antiguo: del mismo modo que se confiaba en los informes de primera mano de los propios viajeros, se promovía que la nueva filosofía necesitaba fundamentarse en la observación directa de los fenómenos. Como consecuencia, la sistemática tabulación de hechos como la posterior manipulación matemática condujeron a la adopción de una nueva metodología. Por ello, el explorador heroico que anunciaba buenas nuevas sobre territorios hasta entonces desconocidos pasaba a ser el modelo para el nuevo filósofo natural, cuya misión no era otra que desvelar los secretos más recónditos de la naturaleza. El *mítico* Colón, profeta del progreso y la racionalidad, había refutado por esa vía a autoridades tan respetables y consagradas como Aristóteles y Ptolomeo. Ésta era, en definitiva, una muestra del triunfo de la retórica imperialista. Y, aunque pueda resultar *prima facie* sorprendente, la obra del Dr. William Gilbert no se encuentra muy alejada de esta imagen, como analizaremos a continuación.

Retrotrayéndonos nuevamente al Prefacio redactado por Gilbert, encontramos que las constantes de la retórica de la exploración se hallan igualmente presentes, a pesar de encontrarse en la parte del tratado que entronca directamente con las cuestiones más vinculadas a la filosofía natural. De esta suerte, el pasaje inaugural incidía, como hemos visto, en que ese *tesoro* ignoto que clamaba por ser descubierto no era otro que el mejor

entendimiento de «la noble sustancia de ese gran imán, nuestra madre común (la tierra), hasta ahora bastante desconocida [...] y penetrar así, por primera vez, en las partes más internas de la tierra» (*DM*, “Praefatio”, ij^r)²⁷⁷. En otras palabras, el conocimiento (por el conocimiento mismo) de la virtualmente desconocida sustancia terrestre se asimilaba literalmente a la búsqueda del tesoro que residía en las profundidades del núcleo terrestre. Este desafío es, en sí mismo, un viaje arriesgado, aunque suavizado mediante el uso simbólico de la *terrella*. Para alcanzar esta meta promisoría, el núcleo principal de *obstáculos* a superar era un subproducto de la reciente invención de la imprenta:

« [...] las causas [...] se harán conocidas de aquellas cosas que, bien por la ignorancia de los antiguos o la negligencia de los modernos, han permanecido desconocidas y pasadas por alto [...] en un Océano tan grande de Libros, por medio del cual las mentes de los hombres estudiosos se fatigan y enredan [...]»²⁷⁸.

Finalmente, los pasadizos que Gilbert reclamaba haber descubierto tenían que ver con las demostraciones *reales* y los «experimentos manifiestamente aparentes a los sentidos» (*DM*, “Praefatio”, pp. ij^f- ij^v), cuyo resultado era bastante esperanzador, en la medida en que «diariamente durante nuestra labor experimental, nuevas e inesperadas propiedades han sido traídas a la luz» (*op. cit.*, p. ij^f). La respuesta a la crisis se planteó desde la realización sistemática de experimentos, desde los más simples a los más complejos; al menos, así eran expuestos en el *De Magnete*. Esta empresa requirió muchos esfuerzos, derivados de casi dos décadas de paciente labor, en los que Gilbert invirtió una parte considerable de su fortuna personal, incluso llegando a sacrificar su vida personal y familiar, según cuentan sus *hagiógrafos*. El caso es que el propio autor no dudaba en proclamar, que « [...] nada ha sido establecido en estos libros que no haya sido explorado ni muchas veces realizado y repetido por nosotros» (*DM*, “Praefatio”, ij^v).

6. *La superioridad sobre España.*

Al margen del componente técnico, hemos identificado otro indicador de relevancia para entender la dimensión práctica del *De Magnete*. *En nuestra opinión, el De Magnete se*

²⁷⁷ Idea que, por otro lado, se repite también en *DMS II*, 1, p. 107.

²⁷⁸ *DM*, “Praefatio”, p.ij^v. Este diagnóstico resulta llamativo por cuando la imprenta apenas contaba con poco más de un siglo de vida y, según sus palabras, se deja entrever que la industria del libro evidenciaba un estado de crisis que Gilbert intentaba salvar con ¡la publicación de otro libro!

articuló también como un medio para establecer y consolidar la superioridad (tanto marítima como científica) de los ingleses, especialmente sobre España.

Una vez analizado el contexto de gestación del *De Magnete*, podemos aseverar que la red de contactos estaba bastante comprometida con el discurso imperialista (en especial y de modo directo, a través de Richard Hakluyt y de Edward Wright). Complementaremos y justificaremos esta aserción mediante la comparación de las referencias directas existentes en el *De Magnete* dedicadas a unos y a otros. Tras haber detallado la influencia indudable ejercida por Wright, quedaría por indagar en la relación de Gilbert con Richard Hakluyt de Oxford, del cual hemos destacado anteriormente su compromiso con el expansionismo inglés. A tenor de su correspondencia, se deduce que es innegable el contacto que éste mantuvo con Gilbert:

« [...] estuve una vez inclinado a añadir al final de mis trabajos un pequeño tratado, que tenía ante mí escrito sobre la cura de enfermedades tropicales que padecían los viajeros en viajes largos y meridionales; dicho tratado fue escrito en inglés, sin dudar de una mente honesta, por un tal M. George Wateson, y dedicado a su Sagrada Majestad. Pero, siendo cauteloso aquí a hacer nada precipitadamente, se lo mostré a mi honorable amigo el Dr. Gilbert, un caballero no menos excelente en los principales secretos de las Matemáticas (como esa rara joya [el *De Magnete*] expuesta por él en Latín evidentemente declara) que en su propia profesión de médico. Él me aseguró, tras haber examinado detenidamente dicho tratado, que era muy defectuoso e imperfecto, y que cuando tuviese tiempo [...] él mismo escribiría formalmente algo sobre ello, o lo haría oficial a través del Colegio de Médicos, y decretaría algún acuerdo unánime para la protección de los asuntos de Su Majestad»²⁷⁹.

²⁷⁹ “Epistle Dedicatory to Sir Robert Cecil by Richard Hakluyt, 1600”, en Taylor (ed.) 1935, Doc. 79, p. 474. El libro en cuestión parece ser *The cures of the Diseased, in remote Regions* (London, 1598), y se trata de una obra de apenas veintiocho páginas en total. En ella el propio autor, en la dedicatoria a la Reina, comenta que, habiendo sido «injustamente» hecho prisionero en España, contrajo la *tabardilla* -una variante epidémica del tífus, y fue posteriormente atendido por el médico del mismísimo monarca. En ese *impasse*, el autor cuenta que aprovechó para «observar» las prácticas de dicho galeno ante esa y otras enfermedades comunes, como la *calentura*, la *espaldas*, las *cameras de sangre*, la *erizipila* y el *tiñoso* o escorbuto, y poner ese conocimiento a disposición de sus compatriotas debido «al perjuicio a nuestra Nación, en las expediciones de nuestro tiempo a las partes Australes: desde las cuales en ésta y en épocas anteriores, los ingleses han regresado Victoriosos; aunque muy agobiados con enfermedades extremas y penosas, que han impedido más la realización de sus fines que el poder de los Enemigos» (Wateson 1598, “Prefacio”, p. D2^v). Los remedios descritos suelen presentar la acción combinada de sangrías y purgas, así como la administración de algunos mejunjes o la ingesta específica de algunos alimentos. Curiosamente, el autor sólo reclamaba para sí la posesión de un conocimiento empírico de dichas enfermedades, quizás por temor a la censura ejercida por el *College of Physicians* londinense, por cuanto «no es mi propósito ser profesional –en Medicina o Cirugía, para asumir como mío cualquier conocimiento en estas Ciencias y Facultades» (*Ibid*). Por lo tanto, uno realmente no sabe si el recelo mostrado por Gilbert se debe, bien a las prescripciones de orden terapéutico contenidas en el trabajo, la escasa extensión del mismo, o bien al simple hecho de que fueran soluciones de *physicians* españoles. De todas formas, lo relevante en este momento era que ambos personajes, Gilbert y Hakluyt, no sólo se conocían sino que, además, participaban de una misma red de contactos.

6.1. Las referencias directas encontradas.

Como hemos avanzado, quizá el punto de partida inicial para justificar nuestra hipótesis de trabajo consistió en realizar una comparativa sobre las referencias directas hacia los navegantes y autores de diferente procedencia. Desde el comienzo de su tratado sobre magnetismo, William Gilbert nos puso sobre la pista tanto de sus *filias* como de sus *fobias*:

«Hay algunos hombres doctos que, en el transcurso de largos viajes, han observado las diferencias de variación magnética: los doctísimos Thomas Harriot, Robert Hues, Edward Wright y Abraham Kendall, todos ingleses; hay otros que han inventado y fabricado instrumentos magnéticos, y preparado métodos de observación, indispensable para los marineros y para aquellos que hacen lejanos viajes [...] Omito muchos otros deliberadamente; modernos franceses, alemanes, y españoles, quienes en libros escritos en su mayor parte en sus lenguas nativas, emplean mal los argumentos de otros, y los sacan limpios con nuevos títulos y frases, como hacen los comerciantes truculentos con ornamentos engañosos para las viejas mercancías ; u ofrecen algo que no es ni siquiera digno de mención; y ellos le meten mano a alguna obra birlada a otros autores y solicitan a alguien que sea su patrón, o van a la caza del renombre para sí mismos entre los jóvenes e inexpertos [...]»²⁸⁰.

En primer lugar, percibimos que el rasero por el que se mide ambos grupos de autores y contribuciones no es el mismo: Gilbert se muestra bastante más magnánimo con sus compatriotas que con los extranjeros. En este sentido no deja de sorprender el tono tan agrio de las críticas si tenemos en cuenta los siguientes detalles: en primer lugar, antes de la publicación del *De Magnete*, la práctica totalidad de los tratados escritos por sus compatriotas (e incluso amigos) estaban escritos en la lengua vernácula, y no en latín, puesto que eran obras de interés más práctico que académico²⁸¹. Por otro lado, algunos de esos autores extranjeros tan denostados por el médico isabelino fueron traducidos al inglés principalmente de la mano de una serie de personajes que no resultaban ajenos al compromiso con el ascenso de Inglaterra como potencia marítima²⁸². Además, la búsqueda de un patrocinador, así como la dedicatoria de los diferentes trabajos, era una práctica común no sólo en España, sino también en el resto de Europa, y particularmente en

²⁸⁰ *DMI*. 1, pp. 7- 8.

²⁸¹ Ejemplos hay muchos: desde el *Cosmographical Glasse* de Cunningham (London, 1559) hasta *Certaine Errors...* de Wright (London, 1599) pasando por el *Discours of the Variation of the Cumpas* de Borough (London, 1581), el *The Newe Attractiue* (London, 1581) de Norman, el *Navigators Supply* (London, 1597) de Barlow, por citar solo unos cuantos trabajos.

²⁸² Huelga recordar las traducciones llevadas a cabo por Richard Eden y John Frampton, mencionadas más arriba.

Inglaterra²⁸³. Entrando de lleno en casos particulares, observamos nuevamente que Gilbert no muestra ningún atisbo de indulgencia hacia los navegantes ibéricos:

«De ahí proliferan opiniones diferentes sobre la desviación magnética: como, por ejemplo, el portugués Rodríguez de Lagos, que mide la mitad de un rumbo cerca de la isla de Sta. Helena; los holandeses, en su cuaderno de bitácora, lo fijan en un rumbo completo. Kendall, experto inglés, con un verdadero compás náutico meridional, sólo admite la sexta parte de un rumbo. Un poco al este del cabo de las Agujas, Diego Alfonso no registra variación, y muestra con un astrolabio que la brújula permanece en el meridiano verdadero. Rodríguez muestra que la brújula en el cabo de las Agujas no tiene variación si ésta es de fabricación portuguesa, en el que las agujas se inclinan medio rumbo al este. Y hay el mismo grado de confusión, negligencia, y vanidad en muchos otros ejemplos»²⁸⁴.

En el contexto de las diferencias de variación registradas, así como las variedades de las brújulas dependiendo de su lugar de fabricación, encontramos que:

«Pedro Nunes busca el meridiano a través del compás náutico, o *versorium* (que los españoles denominan “la aguja”), sin tener en cuenta la variación: y aduce muchas demostraciones geométricas que, a causa de su escaso uso y experiencia en cuestiones magnéticas, descansan en fundamentos completamente depravados. Del mismo modo, Pedro de Medina, puesto que no admitía la variación, ha desfigurado el arte de la navegación con muchos errores»²⁸⁵.

En el capítulo sobre la variación, en referencia a aquellos que sostenían que la clave de la atracción magnética cabía encontrarla en alguna región de los cielos, se mostraba especialmente crítico:

«Mas las cavilaciones de otros son aún más vanas y nimias, como la de Cortés sobre la influencia móvil más allá de los cielos [...]»²⁸⁶.

A propósito de las tesis esgrimidas por Giulio Cesare della Scalla, señalaba:

« [...] Esta visión se adorna con una riqueza de palabras por parte de ese hombre erudito, y coronada por muchas sutilezas marginales; pero sin razonamientos tan sutiles. Martín Cortés considera que hay un lugar de atracción más allá de los polos [...] José de Acosta, aunque bastante ignorante sobre el imán, se despachó a gusto, sin embargo, con un insulso discurso sobre

²⁸³ Sobre esto poco hay que añadir, dada la abundante casuística existente, desde el paradigmático de Galileo y los satélites de Júpiter, dedicados a Cosme de Medici, hasta la *Suma* de Enciso, dedicada a Carlos V, pasando por todos y cada uno de los tratados existentes. En el contexto inglés, esta línea ha sido exhaustivamente trabajada por la Dra. Frances Dawbarn, quien ha publicado notables trabajos al respecto, entre ellos Dawbarn 1998; y Dawbarn y Pumfrey 2004.

²⁸⁴ *DM IV*, 13, pp. 177- 178.

²⁸⁵ *DM IV*, 8, p. 166. Nótese, asimismo, la valoración moral que le merecen unas premisas de partida cuestionables desde el punto de vista metodológico.

²⁸⁶ *DM IV*, 1, p. 152.

la piedra imán»²⁸⁷.

En otro pasaje se muestra, si cabe, aún más cáustico con Martín Cortés. A tenor de lo visto, es, casi con total probabilidad, la figura más castigada por Gilbert en el *De Magnete*:

«Por esta razón la multitud de filosofastros, en orden a descubrir las razones de los movimientos magnéticos, evocan falsas causas remotas y muy lejanas. Y un hombre me parece aún más digno de censura que los demás, Martín Cortés, quien, puesto que no había cosa que pudiera satisfacerle en el conjunto de la naturaleza, soñó que había un punto de atracción magnética, que atraía al hierro, más allá de los cielos »²⁸⁸.

Resumiendo, hemos visto que tanto la problemática como la ausencia de soluciones medianamente satisfactorias afectaban por igual a los navegantes ingleses, si bien estos últimos no salían tan mal parados en la obra de Gilbert como sus homónimos ibéricos.

6.2. La “Cabotada”.

A la luz de estas cuestiones, cabe encontrar entonces una explicación a la sorprendente (por errónea) atribución a Sebastiano Caboto de lo que le habría corresponder a Colón, es decir, el haber puesto sobre el tapete la problemática de la variación de la aguja magnética. Gilbert afirmó claramente que «Sebastiano Caboto fue el primero en descubrir que el hierro magnético variaba» (*DM I. 1, p. 4*). Esto puede parecer *prima facie* sorprendente en la medida en que Gilbert había leído prácticamente todo sobre magnetismo, así que su erudición queda fuera de toda duda. Ciertamente, nuestra nula experiencia como navegante así como nuestra carencia de una formación elemental en geofísica nos incapacitan para emitir un juicio autorizado sobre la materia. Sin embargo, creemos poder adjuntar como *aliado* en nuestra argumentación un testimonio perteneciente a Humboldt, quien refería lo siguiente:

«El mérito de Colón no está en haber descubierto la existencia de esta declinación que se encuentra ya indicada en el mapa de Andrés Bianco, por ejemplo, delineado en 1436, sino en haber observado el 13 de septiembre de 1492, que á 2° ½ al este de la isla de Corvo se muda la declinación magnética y pasa del Nordeste al Noroeste [...]

Los que, siguiendo a Livio Sanuto, atribuyen este descubrimiento a Sebastian Cabot, olvidan que el primer viaje de este célebre navegante, hecho á expensas

²⁸⁷ *DM I. 1, p. 5.*

²⁸⁸ *DM III. 1, p. 116.*

de los comerciantes de Bristol, es cinco años posterior á la primera expedición del Almirante»²⁸⁹.

Teniendo en cuenta que las primeras travesías emprendidas por este destacado marino hacia el Nuevo Mundo no tuvieron lugar hasta 1508, la explicación que hallamos más convincente radica en el hecho de que Sebastiano Caboto, aunque italiano de origen, puede considerarse inglés de adopción: él prestó sus servicios a los ingleses, con quienes completó la hoja de servicios más destacada de su trayectoria, a pesar de que luego navegó bajo bandera española. Su hijo, Giovanni Caboto, también tomaría parte de manera destacada en las aventuras expansionistas inglesas.

6.3. El manejo gilbertiano de la retórica científica.

En el tercer grupo de críticas directas, hemos encontrado una un tanto sutil, pero retóricamente poderosa, que remite a algo tan fundamental dentro del esquema de Gilbert como es su teoría de la materia: tras reducir los cuatro elementos básicos aristotélicos a uno solo, y tras aducir que el hierro compartía con la magnetita su origen, Gilbert no dudaba en alabar las virtudes del hierro como el elemento sobre el cual se habrían basado, en su opinión, las naciones más poderosas y civilizadas de la Historia:

«Multitud de minas de hierro existen por doquier [...] Las más antiguas y más importantes me parecen las de Asia, puesto que en aquellos países en los que el hierro abunda, florecieron sobremanera el gobierno y las artes, y se descubrieron las cosas útiles para el uso humano que luego se codiciaban [...] Las minas más antiguas eran de hierro en vez de las de oro, plata, cobre o plomo, puesto que se buscaban en función de la necesidad; y también porque en cada distrito y en cada suelo eran fáciles de encontrar [...]»²⁹⁰.

Desde este punto de vista, se comprende la crítica velada dirigida a los expedicionarios españoles:

«[n]o están las Indias Occidentales exentas de minas de hierro, como nos dicen los escritores; pero los españoles van con el propósito del oro, descuidan el duro trabajo de la fundición de hierro, y no van en la búsqueda de ricas minas de hierro»²⁹¹.

²⁸⁹ Humboldt [1845-; 1851- 1852] 2005, vol. II, pp. 350-351.

²⁹⁰ *DM* I. 8, 25. Por el contrario, Estrabón entendía que Europa era «más favorable para la superioridad de los hombres y de regímenes políticos y la que más se ha distinguido por su transmisión a otros continentes de sus bienes propios, puesto que toda ella es habitable excepto una pequeña parte inhabitable por el frío» (Estrabón, *Geografía* II. 5, p. 26), y no región alguna de Asia, cuyo esplendor, según Gilbert, estaba fundamentado en su primigenia familiaridad con el hierro.

²⁹¹ *DM* I. 8, 16. Por otro lado, Gilbert parece querer olvidar que el segundo y el tercer viaje de Frobisher

De esto se desprende, según Gilbert, que la misión fundamental en las aventuras de ultramar debería haber sido la búsqueda de las mejores minas de hierro. Por ello, los españoles serían también *condenables* por los continuos saqueos a que fueron sometidas sus colonias en América. Si nos fijamos bien, el juicio no se legitima sobre la base de la defensa de los derechos de los indígenas, como había denunciado en su momento Fray Bartolomé de las Casas²⁹², sino que, en realidad, éste se fundamenta desde la Naturaleza misma, lo cual confiere una mayor fuerza retórica desde un punto de vista naturalista. Y siempre, como no podía ser de otro modo, en detrimento de los españoles. Lo curioso del caso es que, en la relación de bienes de mercado escrita por los diferentes ideólogos del expansionismo imperialista inglés, el hierro no figuraba como materia prima codiciada por unos ni otros.

Si seguimos tirando del hilo, nos encontramos con la encendida polémica que mantuvo Bartolomé de las Casas con Juan Ginés de Sepúlveda²⁹³. Este último justificaba el derecho de las naciones *civilizadas* a someter a las *salvajes*, pensamiento claramente inspirado en la *Política* de Aristóteles, texto que el mismo Sepúlveda tradujo en 1548²⁹⁴. En este contexto, la alianza establecida entre España y (el pensamiento político de) Aristóteles no parece, cuanto menos, meramente accidental. Por esa regla de tres, si tuviésemos un sistema filosófico alternativo al de Aristóteles, basado en la *coitio* o en la sinergia de la unión de los elementos del sistema, todas las partes saldrían beneficiadas, puesto que no estaríamos ante un juego de suma-cero.

Al menos hasta donde hemos podido llegar con nuestra investigación, este tono tan hostil, por no decir xenófobo, no se percibe en las obras prácticas inglesas del periodo. Sin embargo, lejos de suponer un anatema a la hipótesis que estamos intentando defender, creemos que tiene la virtud de reforzarla. En este sentido, las obras de los navegantes

tenían como primer objetivo la búsqueda de las minas de oro.

²⁹² Paradigmática fue su *Brevísima destrucción de las Indias*, dedicada al entonces Príncipe D. Felipe para que éste cortara de raíz con los usos y costumbres de los conquistadores en tierras de ultramar.

²⁹³ La *disputatio* se celebró concretamente en Valladolid en 1550. Dicha polémica quedó recogida en F. Bartolomé de las Casas, *Aquí se contiene una disputa o controuersia entre el Obispo fray Bartholome de las Casas... y el doctor Gines de Sepulveda ...* (Sevilla, 1552).

²⁹⁴ Una obra capital en el proceso, [*J. Genesii Supulvedae Cordubensis*] *Democrates alter, sive de iustis belli causis apud Indos. (Democrates Segundo, o Tratado sobre las justas causas de la guerra contra los indios)*, no obtuvo licencia de impresión merced a las presiones de su rival Bartolomé de las Casas, aunque sí logró publicar *Apologia pro libro de iustis belli causis* (Roma, 1550).

españoles y portugueses se traducen porque hay una necesidad de importar un conocimiento que no ha sido generado desde dentro de las propias fronteras. Por ello se adaptan las obras de los autores más reconocidos en la materia, aquellos que, supuestamente, se suponían a la vanguardia de la técnica comprometida en el arte de la navegación. Ahora bien, tanto *Certaine Errors in Navigation* de Wright como *Breve compendio de la esfera...* de Cortés, en tanto que ejemplos paradigmáticos de obras gestadas en contextos diferentes, mantenían el mismo estatus epistemológico, es decir, *eran propuestas tendentes a ofrecer soluciones puntuales a problemas concretos, sin una posterior indagación en causa verdadera alguna ni primer principio*. En todo caso, el escaso fundamento teórico aportado generalmente por obras de este tipo no era más que la divulgación de alguna doctrina de moda en la época tomada generalmente en préstamo. Tanto Pedro de Medina como Martín Cortés, sin ir más lejos, se apoyaban en las enseñanzas de Plinio el Viejo, al que complementaban, respectivamente, con Avicena o el Cardenal de Cusa.

El *De Magnete*, por el contrario, era una obra de mayor calado filosófico porque la solución que aportaba estaba contenida en un tratado de Filosofía Natural, esto es, había una teoría física (e incluso metafísica) que avalaba un programa completo para llevar a buen puerto la nave. Conforme a la hipótesis esgrimida en este trabajo, el *De Magnete* sería un volumen complementario a *Certaine Errors...*, por cuanto analizaba en mayor detalle uno de las cuatro fuentes de error que se daban en el arte de navegar, y este último era un tratado eminentemente cuantitativo. Un último detalle encontrado en el *De Magnete*, que también puede generar cierta perplejidad, es que éste no contiene dedicatoria explícita a alguna a un patrón o mecenas, al contrario de lo que era la práctica habitual en la época. Esto sugiere que nuestro autor podría haber arriesgado las *verdades* contenidas en el *De Magnete* sin que por ello estuviesen estrechamente dependientes de la fortuna contingente y coyuntural de cualquier prócer, sino que descansaban, en última instancia, *en sí mismas*. Creemos que es difícil encontrar algo que otorgue, siquiera subliminalmente, aún mayor fuerza retórica. Además, a diferencia de las obras del período, el *De Magnete* estaba escrito en latín, para que pudiera circular con relativa facilidad por los ambientes universitarios e ilustrados. Precisamente por ello contaba con un reconocimiento *intergremial*, y no sólo *intragremial*: fue una obra tenida en cuenta no sólo por artesanos y hombres de mar, sino también por filósofos naturales y académicos. Ahora bien, la

cuestión a dilucidar radica entonces en el por qué de este carácter *público*, máxime cuando hemos defendido el valor estratégico y político de una obra de estas características.

Por un lado, subyace la cuestión del *crédito* y el *reconocimiento*. Había llegado el momento en que Inglaterra lideraba la innovación científica y tecnológica, y su propia autoestima como nación les impulsaba a querer situarse en posición de liderazgo no sólo militar, sino también científico y técnico²⁹⁵. En segundo lugar, el *De Magnete* era una obra con marcado acento cualitativo, por lo que, en realidad, no se destapaba ningún secreto que tuviese rendimiento práctico inmediato. Incluso el exhaustivo análisis de la variación de la aguja magnética, que suponía la gran diferencia entre el *De Magnete* y el resto de tratados prácticos, era más relevante en el contexto de la navegación por altas latitudes, con lo que, en el contexto ibérico, aún podrían ser válidos los manuales españoles y portugueses tradicionales. Como hemos visto, en el *De Magnete* había una llamada a la continua mejora de los datos, lo cual tampoco suponía decir mucho. Finalmente, si lo que se expone tiene como telón de fondo un esquema cosmológico que en aquellos momentos no se había consolidado, parece evidente que el *peligro* asociado a destapar los arcanos secretos del *arte* de la navegación magnética sería bastante relativo, con lo que habría tiempo más que suficiente para seguir tomando una hipotética ventaja.

6.4. Otro ejercicio de retórica persuasiva.

Esta cuestión, que también incluye el empleo de la retórica, nos mueve a comparar las curiosas similitudes que se dan entre los retratos más conocidos del Dr. William Gilbert y de la Reina Isabel I.

«Su Retrato está en la Galería del College en Oxford, el cual muestra que fue de estatura alta, y de semblante amistoso»²⁹⁶.

El de Gilbert, atribuido a un tal Harding, se encontraba expuesto antiguamente en la galería pictórica de la *Bodleian Library* en Oxford. En 1796 fue grabado por R. Clamp.

²⁹⁵ A diferencia de lo sucedido en España, posiblemente su tendencia protestante (especialmente desde el reinado de Isabel I) les condujese a la vindicación de los derechos de las matemáticas. En este punto, cabría explorar un posible estudio comparativo con el caso español, a propósito de los jesuitas y su relación con la enseñanza de las matemáticas.

²⁹⁶ Morant [1763] 1978, p. 117.

Aunque normalmente no se aprecia, parece ser que debería leerse sobre su cabeza «1591, aetatis 48»; y un poquito más abajo, algo escorado hacia la izquierda: «Magneticarum virtutum primus indagator»²⁹⁷. Hoy forma parte de la colección de la *Nacional Portrait Gallery* londinense. Por su parte, el retrato de la Reina («*Elizabeth I: The Armada Portrait*»), que data aproximadamente de 1588 y se atribuye a un tal George Gower, fue pintado para conmemorar la derrota de la Armada en 1588. En el lado izquierdo se muestran algunos barcos ingleses enviados contra los españoles; a la derecha, el naufragio de la flota española. Las perlas que decoran la cabeza y la túnica de la Reina simbolizan la pureza, no en vano era conocida como la Reina Virgen. La corona imperial permanece junto a su brazo derecho, que descansa sobre un globo terráqueo, parece que sobre el continente americano. Actualmente, el retrato se conserva recortado a ambos lados (MacLeod 1999, p. 14). En ambos casos, la mano derecha de cada uno de las personalidades posa sobre una representación de la Tierra en posición autoritaria de dominio. Isabel I, reina de los mares tras la victoria sobre la Gran Armada; Gilbert, emperador por derecho propio tras indagar en los secretos más íntimos de la esfera terrestre.

Pero ésta no era la única representación contemporánea de la Reina Isabel I. Así, encontramos en un tratado político de inspiración aristotélica²⁹⁸, que la Reina Isabel no sólo dominaba la parte del universo contenida en la esfera *sublunar*, sino que también regía el Universo entero, aunque fuese ptolemaico. En él, los planetas representan las virtudes de un buen gobierno, vinculando de este modo poder político y virtud: *Majestad, Prudencia, Fortaleza, Religión, Clemencia, Elocuencia y Abundancia*. Estos planetas completarían su revolución en torno a la Inamovible Justicia. La Reina Isabel I ocuparía una posición similar a la de Dios al trascender el orden creado, afirmando su hipotética capacidad para regir el destino de las cosas.

Así como todo Aquiles necesita de un Homero que narre sus hazañas, y todo Alejandro un Aristóteles que le dé cobertura filosófica a su empresa expansionista, en

²⁹⁷ «Primer investigador de las virtudes magnéticas». Véase *The Biographical Mirrour*, vol. II. p. 136.

²⁹⁸ Nos referimos a John Case, *Sphaera Civitatis...* (Oxford, 1588). Dicha obra puede encontrarse en la siguiente dirección: <http://www.philological.bham.ac.uk/sphaera>. [último acceso: 7 de noviembre de 2008]. En este caso, nos parece el elemento diferenciador el que dicha obra se haya publicado en Oxford, ciudad con una Universidad más apegada a la tradición aristotélica, mientras que Londres fue uno de los primeros enclaves por los que se propagó el virus copernicano.

Inglaterra Hakluyt encarnaría finalmente un rol análogo al de Homero para Francis Drake, y Gilbert podría asumir el rol de ese nuevo Aristóteles (aunque más allá de él) de Isabel I:

«Estos dos patrones de la filosofía, Aristóteles y Galeno, son venerados como Dioses, y reinan en todas las escuelas. El primero, que por lazos del destino se había ganado el favor y la autoridad entre los filósofos, al mismo tiempo que su discípulo Alejandro reinaba sobre todos los gobernadores del mundo, atrajo hacia su opinión incluso a los médicos racionales y los doctores en medicina. Y Galeno, quien triunfó entre los médicos europeos con igual fortuna, empleando las mismas armas y ayudas, derrotó a los Empíricos, a los Metodistas (*methodizers*) y a los demás, como si los confinase a proseguir estudios fijados»²⁹⁹.

Desde luego, en *De Magnete* existen muchos pasajes que sugieren una lectura en clave científica de la justificación del orden político vigente, e instaurado a partir de la coronación de Isabel I: la disposición armónica de las partes, en un todo ordenado y consolidado, que somete a los elementos sediciosos, no es más que una analogía empleada por Gilbert desde la vida política para describir los efectos magnéticos. Más aún, el concepto de *coitio* puede ser tan asimilable a la estrategia anunciada por los británicos en su proyecto colonizador, que defendía y proclamaba la sinergia de todas las partes en lograr un fin último, duradero, que beneficiaría a todos, que no parece descabellado postular unos *Magnetick Britons* frente a unos *Electrick Spaniards*.

Estos últimos, a tenor de los escritos de Bartolomé de las Casas, se distinguirían por haber emprendido la colonización de las nuevas tierras mediante la conquista, los saqueos, las matanzas., etc.; esto es, habría una relación unilateral de anexión, cuyo carácter sería, en términos metafísicos gilbertianos, material y extrínseco, y se traduciría en la debilidad de los lazos y de las asociaciones formadas. Este clásico juego de suma-cero se conformaría en base a categorías como la dominación, el sometimiento, la violencia y la dominación, la (creación forzosa de) dependencia, el sometimiento y la subordinación... Es decir, sería el correlato de la *atracción* eléctrica en términos políticos. Frente a ello, la *interacción* magnética se traduciría en términos de una *commonwealth*, en un juego de mutua ganancia de las partes, en las que están supeditadas a un fin superior que las regula; esta relación bilateral, por tanto, tendría un carácter formal e intrínseco, y admitiría nociones como la coherencia, la suma, el orden, la armonía... con la esperanza de que la

²⁹⁹ *DMS* I. 3, pp. 6-7. La comparación entre Aristóteles y Alejandro ha sido recurrente en diferentes pasajes de la historia de la filosofía, empezando por el propio Bacon.

transformación conjunta condujera a la efectiva integración de las partes en un todo trascendente. Por tanto, no parece mera casualidad que Gilbert fuese llamado a la Corte poco después de la publicación del *De Magnete*. Quizás, como puede deducirse de lo expuesto hasta ahora, sus servicios a la conceptualización del proyecto de nación, consciente o inconscientemente, hayan desempeñado un papel crucial.

CAPÍTULO VI: LA CAÍDA DEL IMPERIO MAGNÉTICO.

Este último capítulo cierra parcialmente las problemáticas iniciales a partir de los paulatinos consensos que se han ido instaurando desde sus respectivos planteamientos. Para ello, lo estructuramos en dos partes claramente diferenciadas: en la primera de ellas, se narra el abandono de las soluciones magnéticas al problema de la longitud propiciado desde dentro. En su lugar, y en paralelo al desarrollo de los grandes observatorios, se favorece la búsqueda de una solución astronómica al problema. Los ingleses buscan nuevamente la respuesta en la Luna; una solución alternativa vendrá de la mano de la mecánica, con el desarrollo de la cronometría, que es la que finalmente se impone. La segunda parte, que clausura el proceso de elección del primer meridiano, se detiene en el análisis del Congreso Internacional de Washington de 1884, por medio del cual se instauró Greenwich como sede del mismo. Pese a los esfuerzos de Gilbert y otros, las soluciones basadas en el magnetismo terrestre no tuvieron finalmente influencia alguna en el proceso de toma de decisiones.

«Piensa en esto: cuando te regalan un reloj [...] [t]e regalan la necesidad de darle cuerda todos los días, la obligación de darle cuerda para que siga siendo un reloj; te regalan la obsesión de atender a la hora exacta [...]»

[J. Cortázar, “Preámbulo a las instrucciones para dar cuerda al reloj”].

«- Creo que entiendo lo que ocurre –contestó Fix-. Ha conservado usted la hora de Londres que difiere aproximadamente dos horas con la de Suez. Tiene que tener la precaución de poner su reloj en la hora de cada país por donde pase.

-¿Tocar mi reloj? ¡Eso nunca! –exclamó Passepartout.

-Pues si no lo hace, no señalará la hora solar.

-¡Mala suerte para el Sol, señor! ¡Será él quien no tendrá razón!»

[J. Verne, *La vuelta al mundo en ochenta días*].

1. La polémica de los primeros apóstoles sobre el valor cosmológico de las afirmaciones contenidas en el De Magnete.

Desaparecido Gilbert, no faltó quien se quisiese presentar a sí mismo como el verdadero portavoz por derecho propio del Evangelio Magnético, y con ello propagar de ese modo la Doctrina Magnética del Maestro. Precisamente esto condujo a la polémica entre el Dr. Mark Ridley y William Barlow, archidiácono de Salisbury, que podrían traducirse, salvando las distancias, como las encarnaciones inglesas de Pedro y Pablo.

El *pequeño tratado* inicial del Dr. Mark Ridley³⁰⁰ consistía en un ejercicio que pretendía devolver a los artesanos la deuda mantenida con ellos. Su objeto era divulgar, en tanto que publicar en la lengua vernácula, no tanto el *De Magnete* en sí mismo, cuanto el «nuevo arte de los cuerpos y movimientos magnéticos» (Ridley 1613, "Preface" p. A¹), señalando los aspectos más «claros y distintos» de la obra, aquellos fuera de toda duda, privados de cualquier tipo de controversia. En el fondo, era una manera de presentar de un modo *objetivo*, en cuanto conocimiento certeramente fundamentado, la obra del Dr. Gilbert, «cuyos trabajos son los mayores, y los mejores, en la Filosofía Magnética» (*Op. cit.*, p. A^v). Básicamente, este tratado versaba sobre cuestiones prácticas, aunque había lugar para la descripción del imán y de los cuerpos magnéticos (capítulos I - III), seguido

³⁰⁰ M. Ridley, *A Short Treatise of Magneticall Bodies and Motions* (London, 1613).

por apuntes de geografía magnética (caps. IV- XIII); sobre el *orbis virtutis* y sus propiedades (caps. XIV- XIX); sobre la unión y la discordia magnéticas (caps. XX- XXIV); sobre los movimientos magnéticos observados en la aguja, así como la manera de registrarlos (caps. XXV- XLII); sobre la determinación de la longitud (cap. XLIII); y un último capítulo que trata sobre la cuestión de la naturaleza magnética de la tierra a partir de la observación de la aguja magnética.

Pocos años después vio la luz otra versión adaptada del *De Magnete*. Ésta corrió a cargo de William Barlow³⁰¹, quien pretendía, al igual que Ridley, devolver el conocimiento magnético a su fuente original –el vernacular:

«Muchos de nuestra nación, tanto caballeros como otros de excelentes ingenios, y amantes de estos conocimientos, al no ser capaces de leer el libro del Doctor Gilbert en Latín, se han mostrado extremadamente deseosos (incluso desde la primera publicación del mismo) de tenerlo traducido al Inglés, pero hasta ahora ningún hombre lo ha hecho [...] una causa principal es que hay muy pocos que entiendan este Libro, porque ellos no tienen Piedras imán de diversas formas, especialmente redondas»³⁰².

Al César lo que es del César. Más aún, Barlow se legitima a sí mismo presentándose como el discípulo predilecto, *terrellae* incluidas, admirado por el mismísimo maestro. Para ello añade una carta del propio Gilbert, la única que se conserva de su puño y letra, en la que el eminente Dr. parece concederle una autoridad casi impensable en cuestiones magnéticas, según se deduce de la lectura de la misma misiva:

«A mi admirado y buen amigo el Sr. William Barlow, en Easton, Winchester.

Recomendaciones con mucho agradecimiento por todas sus molestias y cortesías, por su diligencia y curiosidad en la búsqueda de muchos secretos importantes; yo le recomiendo proceder con una doble armadura (*capping*) para la Magnetita de la que hablaba. Me alegrará verle [...] Tendré mucho placer en consultarle [...] usted me ha mostrado más, y me ha traído más luz que cualquier otro. Sir, le recomendaré a usted a mi L[ord]. de Effingham, pues hay aquí un hombre ilustrado, un Secretario de Venecia, que vino procedente de ese Estado, y fue honorablemente recibido por Su Majestad. Él me trajo una carta en latín de un Caballero de Venecia que es muy culto, cuyo nombre es Iohannes Francisco Sagredo; él es un gran hombre Magnético, y dio excelentes informes de mi libro a los Profesores de Padua; usted tendrá una copia de dicha carta. Sir, mi propósito es añadir un apéndice de seis u ocho hojas de papel a mi libro

³⁰¹ W. Barlow, *Magneticall Aduertisements: or diuers pertinent obseruations, and approued experiments, concerning the nature and properties of the Load-stone* (London, 1616).

³⁰² Barlow 1616, “Preface”, p. B2^f- B2^v.

después de un tiempo, estoy inmerso en una invención nueva, a modo de aumentador, para poner en ella; usted podría conocerla, si le place. Así que, por ahora, le dejo, estando a xiii de Febrero.

Su muy apreciado amigo,
W. Gilbert»³⁰³.

Cría cuervos que te sacarán los ojos, reza el dicho popular. Lo curioso del caso es que Barlow había hecho referencia anteriormente, en *The Navigators Supply* (London, 1597), a un hombre

«de rara erudición en Medicina (*Physicke*), su propia profesión, así como en otros conocimientos admirables. Además de eso, ha trabajado muchos años en el estudio de las propiedades de esa Piedra, y sopesaba publicar enseguida sus trabajos por el interés general [...] Le encontré excelentemente diestro en la materia, como jamás supe o haya siquiera imaginado. Aunque había leído lo todo lo que oí que se había escrito sobre ello [...] encontré a mis autores, incluso los de mejor reputación, muy frívolos y vanos en muchas cosas, e ignorantes en las propiedades de mayor importancia. Y el que me parecía haber escrito más diligentemente era un napolitano, cuyos pasos yo seguía [...]»³⁰⁴

Aunque en aquel momento no lo explicitase, todo parece indicar que el interlocutor en cuestión no era otro que William Gilbert. Son varias las pistas que nos conducen a esta conclusión: desde las referencias a su formación intelectual, pasando por los años dedicados al estudio de la piedra magnética, la cercanía con el año de publicación del *De Magnete...* y el consiguiente descrédito de della Porta. El hecho de que por aquel entonces no lo nombre directamente, no siendo más que «un hombre», puede deberse a que Gilbert era un personaje aún emergente, y no un valor sólido en la sociedad londinense. Aún así, Barlow le concede una autoridad en materia magnética incuestionable, expresándose en términos de discípulo recién aleccionado frente al maestro. Unos cuantos años después, el sentido de la relación, como hemos visto, había pasado a ser inversamente proporcional: el *maestro* era quien, humildemente, había pedido asesoramiento a su antiguo discípulo. Pero el buen clérigo Barlow, que en un principio se había sentido obnubilado, continuó manteniéndose en líneas generales dentro del *paradigma* gilbertiano, aunque ahora pasaba a proclamar abiertamente su escepticismo respecto a las afirmaciones cosmológicas contenidas en el *De Magnete*, en virtud de la lealtad jurada a los datos empíricos:

«Pero, respecto a su Sexto Libro, que trata del movimiento de la tierra, creo que no hay hombre vivo más lejos de creerlo que yo, que tampoco he sido persuadido por las razones que alegaban los otros, y menos aún por sus

³⁰³ Barlow 1616, pp. 87-88.

³⁰⁴ Barlow 1597, p. C3.

inventos, si ello fuera posible, que intentaban demostrar el movimiento de la tierra por la fuerza y la virtud Magnética de la tierra»³⁰⁵.

El capítulo séptimo, a su vez el de mayor extensión, está dedicado íntegramente al análisis de la variación de la aguja magnética mediante el auxilio de dos accesorios matemáticos específicos: el *almicanter* [sic.] y el meridiano magnéticos. Aunque no pretendía traducir literalmente la obra de Gilbert, sí es cierto que, privado de esas especulaciones cosmológicas heurísticamente tan valiosas en algunos ámbitos y expresado en lenguaje vulgar, el resultado final venía a ser algo así como un *De Magnete* para pobres, enfocado básicamente para solaz de los matemáticos aplicados, y descomprometido ontológicamente con el copernicanismo.

Poco tiempo después, su intento halló respuesta nuevamente de la mano del Dr. Ridley³⁰⁶, que cuestionaba la legitimidad de la interpretación de las Sagradas Escrituras Magnéticas realizada por su adversario. De este modo,

« [...] al leer el Libro *Magneticall Aduertisements*, observé que el Autor había sido industrioso en algunas cosas; en otras, algo descuidado, al concebir algunas cosas no tan relevantes como él estimaba que eran; pero no añadió nada nuevo, confundió algunas cosas antiguas, otras las censuró inadecuadamente»³⁰⁷.

La respuesta no se hizo esperar por parte de Barlow³⁰⁸, quien acusó a Ridley de haberle plagiado de mala manera.

«Una copia de este Tratado [*Magnetical Animaduersions*] fue escrita al completo a partir de mi Manuscrito, mediante robo, por uno que no lo entendió, y por eso cometió varios errores; este *Doctor Ridley* devoró alguno de ellos, debido a su empecinado intento de cuadrar mis proposiciones conforme a sus propias concepciones. Al controlar de este modo tan superficial, y censurar las cosas que no entendía, obvió la verdad más profunda, y por ello equivocó aquí tanto a sí mismo como a mí, así como a sus lectores, y a la mayoría de sus partidarios»³⁰⁹.

Pese a la manifiesta divergencia de enfoques, y la consiguiente lucha por reivindicar la portavocía de la *pureza* del discurso original, ambos autores contribuyeron

³⁰⁵ Barlow 1616, "Preface", p. B^v.

³⁰⁶ M. Ridley, *Magnetical Animaduersions, made by Dr. Ridley, Docktor in Physike, upon certaine Magneticall Aduertisements lately published, from Master Willam Barlow* (London, 1617).

³⁰⁷ Ridley 1617, p. A2.

³⁰⁸ W. Barlow, *A Brief Discovery of the Idle Animadversions of Marke Ridley Doctor in Physicke upon a Treatise entituled Magneticall Aduertisements* (London, 1618).

³⁰⁹ Barlow 1618, p. 2.

sobremanera a crear un clima de consenso en torno a la filosofía magnética de Gilbert, que actuaba monolíticamente frente a cualquier tipo de alternativa surgida desde el continente como, por ejemplo, la propuesta elaborada por el noble francés Guillaume de Nautonnier³¹⁰. Ésta consistía en suponer un modelo bipolar inclinado para la Tierra, cuyos polos magnéticos se ubicarían a 23° del eje de rotación de la misma. Por tanto, estableció los polos magnéticos a 67° N y 67° S. Nautonnier había ideado un sistema en el que se superponían, además, paralelos isoclinales, también a 23° de la red de paralelos geográficos. El grueso de la obra lo componía una tabla de declinaciones previstas para todo el mundo, siguiendo un esquema que variaba en función de la latitud; a diferencia de otros autores, la relación se establecía conforme a latitudes geomagnéticas en vez de cartográficas. El *quid* estaba en que, a partir de cualquiera de las dos coordenadas (latitud y longitud) se podía deducir la otra apelando a dichas tablas. Para ello, partió de dos premisas: la primera, que los polos magnéticos estaban separados de los geográficos; y, la segunda, que Gilbert ya había cuestionado, que existía un patrón de uniformidad geomagnética. A fin de cuentas, trabajos como los de Barlow y Ridley discutían cuestiones intrateóricas en el seno de un mismo *paradigma*. Hasta ese momento, el componente práctico de la filosofía magnética había sobrevivido a su contrapartida teórica, que había perdido terreno en detrimento del nuevo vocabulario del mecanicismo corpuscular procedente del Continente (Pumfrey 1987a, pp. 338 y ss).

2. *El Universo desencantado.*

Al margen de la agria y contundente respuesta por parte de los jesuitas, comentada con anterioridad, Descartes fue otro de los autores que jugó un papel relevante para el descrédito de la filosofía magnética en su vertiente teórica, por lo menos hasta la llegada de la *síntesis* newtoniana, al abanderar una explicación de corte materialista-corpuscular que sería bastante influyente en autores posteriores³¹¹. Descartes coincidía con Gilbert en afirmar que toda la masa de la Tierra es un imán y, por ello, este cuerpo en sí era más numeroso que los tradicionales cuatro elementos. Pero se oponía frontalmente al isabelino

³¹⁰ G. de Nautonnier, *The Mechographie of ye Loadstone... La Mécometrie de l'Eymant... Micographia Magnetica...* (Toulouse; Venezia, 1603-4). Pese a que supone un intento para hallar una respuesta al problema de la longitud, ésta es una obra que no se dirige a navegantes ni a matemáticos comprometidos con dicho problema, sino a monarcas, de ahí que fuera editada en versión trilingüe.

³¹¹ Su interpretación de los fenómenos magnéticos se encontraría en R. Descartes, *Principia philosophiae* (Amsterdam, 1644).

al afirmar que la virtud magnética presente en la Tierra no está tan acusada como en las piedras magnéticas incomparablemente más pequeñas que aquella. En síntesis, Descartes venía a afirmar que, en la región media de nuestro planeta, existían conductos huecos paralelos a su eje, por el que circularían libremente, de polo a polo, una serie de partículas estriadas. Tales conductos se ajustarían a la forma de dichas partículas, las cuales fluirían de un polo al otro, e incluso de una región a otra, en sentido único. Un flujo residual escaparía a la región terrestre que habitamos, lo que explicaría la debilidad de la *virtus* magnética, según Descartes. Asimismo, el filósofo del *cogito* postulaba la existencia de poros adecuados, tanto en el imán como en el hierro y el acero, para recibir las partículas estriadas que fluyen de cualquier otro imán. Por lo tanto, en realidad no debería hablarse de *tractio* ni *coitio* algunas, sino tan sólo de resultado de un movimiento de mera *transferencia*: tan pronto como cualquiera de estos cuerpos ferromagnéticos se hallase dentro de la esfera de acción del imán, las partículas estriadas que circulan expulsarían el aire existente entre los dos cuerpos, originando así que éstos se aproximasen³¹². El imán sería más pesado en su movimiento a causa de la materia pétreo que lo constituye mientras que, por su parte, el acero tendría mayor cantidad de poros, e incluso más perfectos, que el hierro.

Al igual que Gilbert, Descartes habría logrado una explicación única para dar cuenta del magnetismo, si bien el suyo se inscribía en el marco de un Universo mecánico regido, si no aún por leyes, sí por materia y movimiento. Atrás quedarían, por lo tanto, nociones como el *alma* del mundo y de las esferas primarias, vestigio de un pasado más o menos reciente desde un punto de vista cronológico, aunque arcaico en su temática para la mentalidad de un filósofo puramente *moderno*.

3. El epitafio redactado por los magnéticos: Gellibrand y la variación secular.

Pero fue el descubrimiento de la *variación secular*, esto es, la variación del índice

³¹² En parecidos términos explicaría Descartes la atracción de los *eléctricos*: las sustancias oleosas, como el ámbar y la cera, desprenderían, al ser frotadas, unas pequeñas partículas que no tardarían en regresar a su origen, arrastrando, en su movimiento, los diminutos objetos a los que se habrían adherido. Por su parte, en cuerpos como el vidrio, que contarían con pequeños espacios entre sus partes, se originarían *cintas* largas, flexibles y planas, que conectarían los dos cuerpos en cuestión al unirse unas a otras las partículas elementales.

de variación o declinación magnética en un lugar concreto, lo que marcó el principio del fin de la navegación magnética *á la Gilbert*, convertido en el último bastión de la filosofía magnética clásica (Pumfrey 1987a, p. 17). En contra de las tesis defendidas inicialmente por Gilbert, el ángulo de declinación magnética no permanece constante, sino que éste varía a lo largo del tiempo. Ésta fue la intuición de un *gilbertiano* como Henry Gellibrand³¹³ quien, tras comparar los registros de las observaciones realizadas en Londres desde 1580, afirmó que:

« [...] en el espacio de 54 años, la diferencia de tiempo entre las observaciones del Sr. Burrowes [W. Borough] y las últimas nuestras, ha habido una notable disminución de 7 grados»³¹⁴.

Esto traía como consecuencia un aldabonazo a una de las premisas fundamentales sobre las que se sostenía el edificio magnético de Gilbert:

«Es Afiración del Sr. Dr. Gilbert [...] que el mismo lugar retiene siempre la misma variación. Por lo que he oído, jamás ha sido cuestionada esta Afiración por hombre alguno. Pero las observaciones magnéticas más diligentes la han violentado, y han demostrado lo contrario, a saber, que la variación se acompaña de una variación»³¹⁵.

Ahora bien, ¿qué tipo de expectativas magnéticas podían obtenerse de esta evidencia tan sorprendente? Lejos de seguir un esquema más o menos regular, las líneas isogónicas seguían una trayectoria irregular, si no tortuosa, como acertadamente había descrito Gilbert. Aún peor, estas líneas cambiaban caprichosamente con el tiempo, y sin posibilidad alguna de predicción. Gellibrand avanzó la idea de que cada ensayo basado en el magnetismo terrestre estaría condenado al fracaso; con ello quedaba demostrado, una vez más, que no hay peor cuña que la de la propia madera. Una de las razones subyacentes era que se requería una inversión constante de recursos para registrar las variaciones en el flujo magnético terrestre. No obstante, aún se presentaron otras propuestas basadas en el magnetismo terrestre, si bien desde unas premisas teóricas radicalmente diferentes de las sostenidas por William Gilbert. Entre estos intentos posteriores cabría citar los realizados por Henry Bond, por un joven Edmund Halley y, posteriormente, por un newtoniano tan destacado como William Whiston.

Henry Bond enseñaba Navegación, así como otras ramas de la Matemática de la

³¹³ H. Gellibrand, *A Discourse Mathematicall on the Variation of the Magneticall Needle* (London, 1635).

³¹⁴ Gellibrand 1635, p. 7.

³¹⁵ Gellibrand 1635, p. 7.

época, en Ratcliff. En su ensayo sobre la longitud³¹⁶, pese a reconocer los esfuerzos desempeñados por Gilbert y Barlow, se distanciaba críticamente de ellos al suponer la inclinación de la aguja magnética como un método válido para hallar la latitud. Acérrimo defensor de un sistema geomagnético eminentemente dinámico, Bond fue el primero en desarrollar la idea de un dipolo *en precesión*, inaugurando con ello un tercer modelo de hipótesis geomagnéticas (Jonkers 2003, pp. 35 y ss.), al postular la existencia de dos polos magnéticos situados en la región sublunar que se localizarían en una cierta Esfera Magnética pese a encontrarse muy cercanos al globo terrestre (Bond 1676, p. 6). Dichos polos norte y sur se hallarían en continuo movimiento a causa de la rotación terrestre; Bond afirmaba poder conocer este movimiento y, por ende, la posición anual de estos polos, así como su periodo de precisión, que comprendería varios cientos de años. Este movimiento de los polos sería causa, a su vez, de la alteración de la inclinación de la aguja magnética. Al inclinarse, la aguja *respetaría* sus propios polos, no así los polos del mundo, salvo que estuviesen situados en un meridiano que atravesara dos puntos exactamente opuestos. Por todo ello, este criterio no sería lo suficientemente válido para hallar la latitud, como se derivaría de los estudios de Gilbert, si bien, paradójicamente, podría llegar a ser útil para calcular la longitud, en la medida en que se podría utilizar la posición (conocida previamente) del dipolo magnético y su tablas, haciendo una lista de la *colatitud* magnética en intervalos de cinco minutos de inclinación.

Edmund Halley, al margen de su labor tan destacada como astrónomo, que es sobradamente conocida y reconocida, merece también un lugar en la historia de los pioneros del geomagnetismo al ser el autor de la primera carta de isogónicas que se conoce, cuyos datos, además, fueron recolectados de un modo inductivo, y reflejados sobre una proyección de Mercator. Para ello, el propio Halley se embarcó en la *Paramour Pinky* desde octubre de 1698 hasta septiembre de 1700, lo que podría constituir, quizás, una de las primeras expediciones estrictamente científicas emprendidas. En 1701 se publicó una primera que comprendía el Atlántico Norte, seguida posteriormente de otra en la que se recogían los datos a escala global. Pero, a pesar de lo ambicioso del proyecto, las

³¹⁶H. Bond, *The longitude found...* (London, 1676). A diferencia de otros autores, Bond empleaba como primer meridiano para sus cálculos el que pasaba por Londres, cuyos valores prefiguraba del siguiente modo: 51° 32' de latitud N, 0° de longitud, y 73° 47' de inclinación. Es de destacar el hecho de que la obra estaba dedicada al monarca Carlos II, patrono principal del Observatorio Real de Greenwich, que recientemente había comenzado a desarrollar su actividad investigadora y, lógicamente, se había convertido en cuestión de Estado la resolución del problema por la vía astronómica.

expectativas generadas con este sistema no se correspondían con la intensidad de los recursos empleados para obtener los datos que lo fundamentarían:

«Como he dicho, esta Carta ha sido realizada con las Observaciones del Año 1700, pero debe tenerse en cuenta que hay un Cambio perpetuo en la Variación en casi cualquier sitio, que hace necesario, con el tiempo, alterar el Sistema en su totalidad; por el momento, bastará Advertir que cerca del Cabo de Buena Esperanza, la Variación Oeste se incrementa en proporción de cerca de un Grado cada Nueve Años»³¹⁷.

En definitiva, Halley incidía en la idea, no exenta de razón, de que era necesario realizar periódicamente expediciones similares, lo cual suponía un problema de rentabilidad: fletar un navío, con todo lo que ello supone, incluida su tripulación, a merced de los elementos, comprendía unos gastos que para nada se iban a ver compensados con los el tipo de resultados que se podía obtener, bien de pronta caducidad, bien de validez restringida. Ni siquiera la urgencia de la situación justificaría una inversión tan disparatada.

William Whiston, pese a haber criticado la utilidad y la rentabilidad de los notables esfuerzos emprendidos por Halley, decidió probar fortuna también con una solución magnética para resolver el problema³¹⁸. El trasfondo de su crítica tenía que ver con el hecho de que Halley no se había provisto de ningún inclinómetro a bordo, con lo que únicamente tomaba como referencia los patrones de variación de la aguja magnética, con el nivel de incertidumbre que ello conllevaba. En su lugar, Whiston proponía la compilación de una carta marina similar que, en vez de reflejar isogónicas, reflejase las isoclinales, es decir, las líneas de igual inclinación magnética, puesto que estimaba que éstas «difícilmente iban a ser más irregulares que las de variación» (cit. por Hellmann [1895] 1969, p. 11) Pero, a pesar de los reiterados intentos para justificar la idoneidad de su propuesta, el trabajo de George Graham sobre la inclinación magnética aparecido en las *Philosophical Transactions* le convenció de que sus esfuerzos habían sido en balde (Farrell 1981, pp.147 y ss., esp. 158), y que era menester abordar el problema de la longitud desde

³¹⁷ Recogido en Helmann [1895] 1969, p. 9.

³¹⁸ W. Whiston, *The Longitude and Latitude Found by the Inclinary or Dipping Needle...* (London, 1721). Éste no era el primer intento de Whiston para acometer el problema de la longitud, sino que fue uno más de una larga lista de candidatos al Premio. Su primera propuesta, que se analizará más adelante, se basaba en registrar señales audiovisuales producidas artificialmente (W. Whiston; H. Ditton, *A New method for discovering the Longitude both at Sea and Land...* (London, 1714). Seguidamente, probaría fortuna con los métodos estrictamente científicos: en primer lugar, teniendo en cuenta los eclipses solares [W. Whiston, *The Calculation of Solar Eclipses without Parallaxes* (London, 1724)]; y, por si no tenía bastante, propuso otra alternativa a la galileana, teniendo en cuenta los satélites de Júpiter [W. Whiston, *The longitude discovered by the Eclipses, Occultations, and Conjunctions of the Jupiter's Planets* (London, 1738)].

otras premisas.

4. La esquila del astrónomo.

En 1634 vio la luz a título póstumo el *Somnium* de Kepler. Apelando al recurso estilístico de la historia dentro de la historia, Duracotus, el *medium* de Kepler, narra un viaje hacia la imaginaria isla-planeta de Levanía, situada en la región circundada por el éter. Tras comentar detalles sobre los condicionantes necesarios para la partida, procedía a hablar «sobre la naturaleza misma de la región, comenzando como los geógrafos con su mirada dirigida hacia los cielos» (Kepler [1634] 2001, p. 17)³¹⁹. Así, las estrellas fijas tendrían una apariencia similar a como se nos aparece ante nosotros (consecuencia sin duda de la distancia a la que están), pero su sistema del universo sería radicalmente diferente debido a la hipotética posición relativa de Levanía. De este modo, Kepler abrazaba una suerte de relativismo, en la medida en que admite que nuestra imagen del universo dependería en gran medida de la posición que ocupemos en el mismo.

Esta isla-planeta contaba con un satélite, el Volva, que era la referencia tomada para dividir dicha región en dos hemisferios: Privolva y Subvolva; el divisor, el círculo que separa los hemisferios, pasaría a través de los polos celestiales. Aunque en Levanía se alternasen el día y la noche como pasa en nuestro planeta, este lugar carecía de la variación estacional. Lo cual, dicho sea de paso, se interpreta como una utopía cronotópica de regularidad matemática sobre todas las cosas. En este estado *ideal*, Kepler se hace eco de la mayor conveniencia de su situación respecto de la nuestra, por cuanto

« [...] ellos indican la longitud de los lugares en referencia a su inmóvil Volva, y la latitud en referencia al Volva y a los polos, mientras que para las longitudes nosotros no tenemos otra cosa que la más baja y apenas perceptible declinación del imán»³²⁰.

Dentro de esta utopía, Kepler indudablemente defiendía la superioridad de los métodos astronómicos frente al resto de métodos que puedan atribuirse el calificativo de *científicos*, especialmente aquellos que, como el de Gilbert, se basaban en el magnetismo terrestre. Y precisamente esta obra marca la transición hacia un modo de afrontar el desafío

³¹⁹ Este comentario refuerza la convicción, expresada en otro lugar, de que la geografía ha sido históricamente considerada la hermana pobre de la astronomía (Doble 2004b, p. 669)

³²⁰ Kepler [1634] 2001, p. 22

técnico y conceptual de la búsqueda del *punto fijo*, apuntando hacia la necesidad de encontrar una referencia fija, estable, y fácilmente computable para algo tan necesario como calcular la posición.

5. La búsqueda de nuevas alternativas longitudinarias.

Como hemos visto, la quimera de una solución *natural* basada en el magnetismo terrestre se diluía paulatinamente. A pesar de los destacados trabajos reseñados anteriormente, no cabe la menor duda de que el anuncio de Gellibrand había supuesto un punto-de-no-retorno en la manera de abordar un proyecto basado en el geomagnetismo. Cuestiones de tiempo, así como de inversión de gran cantidad de recursos para un rendimiento tan limitado, se imponían en la práctica. Si a esto le añadimos que el fundamento teórico había caído en descrédito, las perspectivas no podían ser más desalentadoras para la causa magnética. Por lo tanto, una solución científica al problema pasaba por volver nuevamente la vista a los cielos para encontrar un suceso astronómico de referencia, y comparar la hora local esperada del fenómeno en un lugar determinado, que funcionaría como meridiano cero, con la hora local en la que el fenómeno se registrase en el nuevo emplazamiento. Si bien la brújula perdió protagonismo en su contribución al problema de la longitud, otro aparato que se había transformado recientemente para convertirse en instrumento de uso *científico* retomó el testigo: el telescopio.

El telescopio, instrumento óptico que, originalmente, mostraba un carácter *filosófico* debido a que modificaba las condiciones de observación (Rioja y Ordóñez 1999, p. 20), pasó a convertirse en un instrumento de tipo *matemático* en connivencia con su aplicación al problema de la determinación de la longitud. El *anteojo de larga vista* puede considerarse asimismo, un instrumento *divergente*, en la medida en que su funcionamiento se explicaría mediante una teoría óptica, mientras que la información que proporciona tiene propósitos astronómicos. En su génesis, empero, se trataría de un utensilio que no derivó directamente de conocimiento teórico, pese a que la información por él arrojada es enormemente relevante, sino que derivó de conocimientos técnicos, posiblemente con un alto componente de *ensayo y error* (Doble 2004a, p. 176). Pero la segunda generación de los telescopios de refracción sí que incorporaba un conocimiento teórico, derivado de los

estudios de óptica y teoría de la visión de Kepler (*op. cit.*, pp 181 y ss.). La historia de su desarrollo corrió en parte paralela a la emergencia de esta nueva fase en el descubrimiento de la longitud.

5.1. Al acecho de la cohorte joviana.

En sus orígenes, tanto Ptolomeo como Hiparco habían calculado la longitud basándose en los eclipses lunares. Pero, tanto la escasa frecuencia de dichos eclipses, como la dificultad de determinar el momento exacto en que éstos tienen lugar, mostraban la escasa viabilidad de dicho método. A tenor de estas manifiestas inconveniencias, Galileo propuso emplear los recién descubiertos satélites de Júpiter con la misma finalidad:

«Estas estrellas tienen entre sí conjunciones, separaciones, eclipses y otros accidentes, los cuales superan infinitamente la utilidad de los eclipses lunares para la presente materia; puesto que donde los eclipses lunares son tan raros que, en promedio, no llegamos a tener uno por año que nos sirva, de éstos tenemos más de mil utilísimos por año, de modo que no pasa ninguna noche en que no tengamos 2, 3 e incluso tal vez 4 y más. En cuanto a la precisión son todos tan momentáneos y veloces que, sean las conjunciones, separaciones, ocultaciones, apariciones o eclipses, cada una se despacha en un momento de tiempo, así que en su aprehensión no se puede errar más de medio minuto de hora [...]»³²¹.

Las referencias a esta propuesta la encontramos en los volúmenes dedicados íntegramente a la correspondencia y, a la luz de la documentación disponible, podemos distinguir dos formulaciones de la misma, separadas aproximadamente por un lapso de veinticinco años: en un primer momento, que podremos situar entre 1612 y 1618, Galileo negocia directamente, o a través de medios diplomáticos relativamente comprometidos con él. La propuesta se expone de un modo muy general, y sólo entra en detalles teóricos, discutiendo las limitaciones y los defectos de los otros métodos que, tradicionalmente, se habían empleado. Puesto que su propuesta es sólo teórica, los únicos problemas que pasa a valorar son los de la observación de los satélites de Júpiter y la confección de las tablas. En un segundo momento, entre 1636 y 1637, la negociación con los Estados Generales de Holanda la lleva a cabo un amigo personal e influyente de Galileo, Elio Diodati, quien goza de toda su confianza, aunque Galileo toma contacto, en ocasiones, con algunos de los encargados de valorar su propuesta. Aquí la solución desvelada por Galileo está bastante

³²¹ *Opere* V, pp. 424- 425.

más elaborada, entrando de lleno en los problemas prácticos relacionados con su uso en la navegación.

En la *Proposta della Longitudine*³²², Galileo presenta oficialmente por vez primera su método, aunque sólo en el plano teórico y sin entrar en demasiados detalles, para optar al Premio de la Longitud convocado en 1604 por el Rey Felipe III de España. Una vez que los anteriores métodos habían resultado fallidos en cuanto a la escasa satisfacción de las expectativas generadas, pasa revista al método de los eclipses lunares, cuyos principales déficits era tanto la escasa frecuencia de los eclipses, unos cinco o seis al año, cuanto la dificultad que entrañaba la observación de los mismos, lo cual perjudicaba seriamente la precisión deseable en los cálculos, con errores que podían alcanzar el cuarto de hora. Acto seguido, Galileo presentaba su método como la alternativa más adecuada y viable para solventar las deficiencias antes mencionadas³²³. El *giovilabio* galileano requería complementarse con tres elementos más: una versión del telescopio manejable sin el concurso de los brazos, un dispositivo que garantizase la estabilidad mientras el navío estuviese en alta mar, y un medidor de tiempo. Por tanto, lo que comienza siendo una propuesta estrictamente astronómica, va derivando con el paso del tiempo en una propuesta práctica, en la que la eficacia de los instrumentos auxiliares desempeñaría un papel fundamental (Sánchez 2001, pp. 74-75).

El primero de estos elementos es el *celatone*, y las referencias que existen de él en la obra de Galileo son más bien escasas³²⁴. En una primera versión, se trataría de un casco con un pequeño anteojito integrado³²⁵, aunque no muy potente, apenas diez aumentos, con lo

³²² G. Galilei, "Proposta della Longitudine", en *Opere*, V, pp. 419- 422. Se mostraría algo más explícito en la "Relazione Generale del nuovo Trovato di Galileo Galilei in proposito del prendere in ogni tempo e luogo la longitudini", en *Opere* V, pp. 423-425.

³²³ De hecho, a diferencia de la Luna, los satélites jovianos muestran, desde nuestra perspectiva, dos tipos de eclipses diferentes, a saber: 1) el eclipse *verdadero*, que se produce cuando el satélite se interpone entre Júpiter y nuestra área de visión; y 2) la *ocultación*, es decir, cuando entre el mismo satélite y nosotros se interpone Júpiter. Una vez calculados los eclipses desde las coordenadas de un lugar determinado, que funcionaba como meridiano cero, bastaría con cotejarlos estableciendo la hora y los minutos exactos desde cualquier posición. De ahí era posible deducir la longitud del nuevo emplazamiento. Indirectamente, este método probaba el movimiento de la Tierra, puesto que la disposición de los satélites venía determinada por la posición del globo terráqueo en su órbita. Por estas razones, esta propuesta astronómica parecía ser ciertamente prometedora en cuanto a su mayor simplicidad, precisión, manejabilidad y utilidad con respecto al resto de propuestas astronómicas con las que entraba en competencia por el premio.

³²⁴ La primera de ellas la encontramos en una carta dirigida a Picchena con fecha del 22 de marzo de 1617. (*Opere* XII, pp. 311- 312); mencionaría esta nueva invención también a Orso d'Elci un poco más tarde, en el mes de junio de ese mismo año (*Opere* XII, p. 321).

³²⁵ «Yo ya hice al principio, para uso de nuestras galeras, cierto gorro (*cuffia*) en forma de celada (*celata*)

que estaríamos ante poco más que un simple catalejo. Para soportar un telescopio algo mayor era preciso que éste participase de una estructura algo más compleja, consistente en una especie de armadura compuesta que cubriría la espalda y parte del pecho. Para complementar esta invención haría falta, bien se tratase de una u otra versión del *celatone*, de una silla flotante y de un medidor de tiempo.

La primera estructura actuaría en combinación con el *celatone* a fin de contrarrestar el continuo movimiento del buque. Esta estructura consistiría, básicamente, en un recipiente semiesférico, en cuya concavidad interior, llena de agua o aceite, se alojaría otro recipiente isomorfo ligeramente más pequeño, aunque lo suficientemente grande como para contener un asiento sobre el que se colocaría el individuo con todo el arsenal astronómico necesario, y cuyas paredes estarían, aproximadamente, a distancia de un dedo del primero. Además, un cierto número de muelles, en torno a ocho o diez, estarían dispuestos de tal forma que ambos recipientes no entrasen en contacto, de modo que el observador con toda su parafernalia quedase aislado del movimiento general del barco (*Opere XVII*, pp. 97-98). Finalmente, el *horologio* o medidor de tiempo, por su parte, se basaría en la isocronía del movimiento pendular, cuyo fundamento remitía Galileo a un escrito de su juventud que permaneció inédito, el *De Motu*. Entre las virtudes de este horologio respecto a otros similares consideraba Galileo que se encontrarían la simplicidad manifiesta y la asepsia ante las alteraciones del movimiento (*Opere XVII*, p. 103). Desgraciadamente para Galileo, todo su esfuerzo habría sido en vano. Aunque se le reconociese su generosidad por desvelar con todo lujo de detalles su propuesta, la misma se consideró irrealizable en las empresas marítimas (*Opere XVII*, pp. 127 y ss.): para empezar, ni siquiera disponían de un buen telescopio.

Como se puede observar, este método, sencillo en la teoría, tropezó con serias dificultades en su realización práctica: a las necesidades clásicas de una descripción precisa del movimiento de los satélites para el cálculo de las efemérides, así como el disponer de un telescopio de cierta potencia, se añadía ahora, además, la dificultad de usar cualquier telescopio en un navío en movimiento y la carencia de un instrumento que computase más

que, teniéndolo el observador en la cabeza, y habiendo fijado en él un telescopio, ajustado de modo que miraba siempre al mismo punto al cual el otro ojo libre dirigía la vista, sin hacer más, el objeto con el ojo libre se encontraba siempre enfrente del telescopio» (véase la “Carta a Lorenzo Realio”, en *Opere XVII*, p. 99).

o menos isocrónicamente las unidades temporales³²⁶. Pese a estos inconvenientes, sí que sirvió de inspiración para emprender en la reforma cartográfica de Francia de la mano de Giovanni Domenico Cassini, primer director del Observatorio de París.

5.2. Y el filósofo natural se convierte en funcionario.

Entraríamos de lleno en lo que hemos identificado como un tercer momento de la problemática de la determinación de la longitud, caracterizado fundamentalmente por ser la época en la que surgen las primeras sociedades científicas impulsadas por los propios Gobiernos, y compuestas por especialistas. De alguna manera, fueron los franceses quienes tomaron la delantera en la llamada «carrera de la longitud»: la *Académie des Sciences* francesa fue creada en 1666 en París durante el reinado de Luis XIV bajo el patrocinio de su primer ministro, Jean-Baptiste Colbert. Al año siguiente se erige el *Observatoire* de Paris, comprometido directamente con la reforma cartográfica. El método que emplearía sería el de los eclipses de los satélites de Júpiter ideado por Cassini, quien se había inspirado, a su vez, en Galileo. El equivalente londinense de la *Académie* era la *Royal Society of London*, que se había fundado en 1660 con el propósito de impulsar el desarrollo del conocimiento de los fenómenos naturales. Llama la atención la diferencia de sesgo en cada caso: la *Académie* tenía más presente desde su manifiesto fundacional la reforma cartográfica, carro al que se subieron los ingleses con posterioridad, pues tardaron casi quince años en plantearse la cuestión de la determinación de la longitud.

En vista de los espectaculares resultados obtenidos por Cassini en Francia, en el seno de la *Royal Society* se empezó a contemplar la posibilidad de construir un Observatorio en Londres, concretamente en el *King James I's College* de Chelsea. Sir Jonas Moore se ofreció para asumir los costes, y propuso a un joven John Flamsteed como «observador astronómico». Procedente de la localidad de Darby, Flamsteed había llegado a Londres para alojarse en la Torre con Moore, quien le proporcionó un primer cuadrante para realizar sistemáticamente sus observaciones; su tarea se restringía a observar el movimiento de la Luna teniendo como telón de fondo las estrellas fijas. Pero lo que

³²⁶ Había esperanza en que otra serie de dificultades se fueran resolviendo paulatinamente: era el caso, por ejemplo, de disponer de un personal especializado en su manejo, algo a priori no muy problemático. Quien supiese manejar un astrolabio, perfectamente podría hacer lo propio con el *giovilabio*.

precipitó las cosas fue la aparición en escena de un caballero francés, conocido como *Le Seur de St. Pierre*, que se había valido de la influencia en la corte de una dama bretona, Louise de Kéroualle, a la sazón la cortesana favorita del Rey Carlos II³²⁷. Aparentemente, ella habría intercedido para que se estudiara la propuesta de este oscuro personaje, que proclamaba haber hallado la solución definitiva para el problema de la longitud. Comprometido, y posiblemente obnubilado ante los encantos de dicha dama, el Rey dispuso que se estudiara la propuesta el 15 de diciembre de 1674, y para ello designó una Comisión Real compuesta de siete miembros, procedentes todos ellos de la Royal Society; cuatro de ellos se reunieron formalmente el 12 de febrero de 1675³²⁸.

El método diseñado por *St. Pierre* consistía en tomar como referencia el movimiento aparente de la Luna, en particular su movimiento en el plano de la vertical. Los registros empleados no tenían en cuenta la refracción atmosférica que varía conforme a las condiciones meteorológicas, ni tampoco la paralaje lunar. El veredicto de este comité fue, como era de esperar, negativo, dado que no lograba satisfacer en absoluto las expectativas creadas. Se palpaba, entonces, la necesidad de disponer de una amalgama de datos enormemente precisos, cuya obtención requería largos años de paciente observación con grandes instrumentos equipados con vista telescópica. En resumidas cuentas, se demandaba la necesidad perentoria de instaurar un Observatorio de primer orden en Inglaterra. A tal efecto, el Rey firmó una Orden real el 4 de marzo de 1675. A sugerencia de Moore, designó a Flamsteed como «observador astronómico» para «rectificar las tablas de los Movimientos de los Cielos y las posiciones de las Estrellas fijas así como averiguar la largo tiempo deseada Longitud de los Lugares»³²⁹.

Era ésta una tarea titánica que debía abordar con una contraprestación de 100£ anuales, además de otras 26£ destinadas para la contratación de un asistente, encaminadas a asumir la práctica totalidad de los costes derivados de su investigación. Pese a su austero *modus vivendi*, Flamsteed apenas podía sufragar el instrumental que un Observatorio de la entidad que se pretendía debería disponer. Pero, antes de que se pusiera a funcionar, el

³²⁷ Ella había sido investida, en 1623, con el título de Duquesa de Portsmouth, una dignidad instaurada *ex profeso* para ella.

³²⁸ Además del propio Flamsteed, que desempeñaba la función de asistente, estaban presentes Lord Bruncker –presidente de la Royal Society, Sir Christopher Wren –Agrimensor General del Rey, y Robert Hooke. Salvo Wren, los otros se habían reunido el 3 de marzo para estudiar la propuesta magnética de Bond.

³²⁹ *State Papers Domestic* 29/238, fol. 299; *State Papers Domestic* 44, p.10, Public Record Office, London (cit. por Howse [1996] 1998, p. 152, 4n; y por Aslet 1999, p. 129).

Observatorio necesitaba un emplazamiento: Moore proponía ubicarlo en Hyde Park; Flamsteed, en *Chelsea College*; finalmente, prevaleció la autorizada opinión de Sir Christopher Wren³³⁰, quien sugirió situarlo en Greenwich Hill, aprovechando su situación privilegiada: sobre una colina, en el centro de un parque real, lejos del humo de Londres, de fácil acceso tanto por tierra como siguiendo el cauce del río. Cabría esperar, asimismo, que el cielo de Greenwich estuviese más despejado que el del propio Londres. El monarca, persuadido, autorizó la construcción del edificio el 22 de junio de 1675.

Con la fundación del Observatorio, Inglaterra entraba oficialmente en la pugna por hacerse con el descubrimiento de la longitud, pese a que un desesperado Thomas Digges había reconocido, al menos un siglo antes, que éste era el principal problema que demandaba una solución. Desde un principio, empero, se hace evidente el compromiso de los sucesivos inquilinos del Observatorio con el método de las distancias lunares. De hecho, el Observatorio se diseñó expresamente para hacer viable dicho método: las instalaciones permitían albergar grandes sextantes³³¹, así como un gran cuadrante mural alineado sobre el meridiano local. Disponía, asimismo, de dos telescopios, uno de ellos bastante largo, de sesenta pies de longitud, suspendido de un mástil, y otro sumido en un pozo. A finales de 1675, Moore adquirió dos relojes realizados por Thomas Tompion, uno de los relojeros londinenses de mayor prestigio, para llevar la cuenta del tiempo³³². En los alrededores, una cámara oscura en el exterior permitía seguir el movimiento de las manchas solares, así como estudiar los eclipses del astro rey.

5.3. El método de las distancias lunares.

El método de las distancias lunares había sido ideado por Johann Werner en 1514³³³, aunque fue posteriormente Petrus Apianus quien, en su *Cosmographicus Liber...* (Landshut, 1524), dio una descripción más detallada del mismo, acompañada por ilustraciones, para su uso en navegación —empleando una ballestilla. En líneas generales,

³³⁰ Wren, en calidad de Agrimensor General del Rey, tenía ya cierta experiencia acumulada, ya que había dirigido la reconstrucción de Londres tras el Gran Incendio que asoló la ciudad en 1666.

³³¹ Las primeras observaciones con el gran sextante datan del 16 de septiembre de 1676.

³³² Una nota característica de estos relojes es que eran regulados por unos péndulos situados en la parte superior de los mismos. Estaban fijos en la pared, y es posible que su diseño inspirase el diseño de Wren para el Salón Octogonal de la actual Flamsteed House.

³³³ La descripción del método se encuentra en la nota 8 del capítulo 4 de su traducción del Libro I de la *Geographia* ptolemaica.

este método se basaba en la asunción de que la Luna recorría, en una hora, una distancia aparente equivalente a su diámetro. A diferencia de la propuesta de *St. Pierre*, en este caso las observaciones se realizarían sobre el movimiento aparente de la luna en el plano de la horizontal. Los prerequisites funcionales que demandaba este método para ser puesto en práctica eran los siguientes: un instrumento adecuado para realizar las mediciones angulares, un catálogo estelar exhaustivo, y unas tablas precisas del movimiento aparente de la Luna que se muestra, de suyo, bastante irregular. El primero de estos requisitos vino a satisfacerse con la aparición del cuadrante de (doble) reflexión atribuido a John Hadley³³⁴ y, posteriormente, del sextante, desarrollado por John Bird en 1757.

Respecto al catálogo estelar, Flamsteed dedujo, a partir de sus propias observaciones, que el mejor catálogo disponible hasta la fecha era el elaborado por Tycho Brahe, el cual, sin embargo, incurría en errores que podrían sobrepasar los diez minutos de arco. La elaboración de un nuevo catálogo mejorado implicaba una labor minuciosa. Urgido por sus patrocinadores, Flamsteed anunció que, para principios del siglo siguiente, publicaría el resultado de sus descubrimientos. Esto se hizo esperar en demasía, lo que motivó que, en 1711, la Reina Ana ordenase la publicación de los mismos. Al año siguiente ve la luz un volumen titulado *Historia Coelestis*, editado por Edmond Halley; Flamsteed protestó por lo que consideró una versión pirata de su trabajo, que no sólo era una burda síntesis del mismo sino que, además, estaba plagada de numerosos errores, en parte porque no le habían dado la oportunidad siquiera de supervisar dicha edición. En marzo de 1716 logró recuperar 300 de las 400 copias impresas, que envió directamente a la hoguera. Acto seguido, resolvió imprimir sus propias observaciones de su pecunio personal; los tres volúmenes de la nueva *Historia Coelestis Britannica* aparecieron a título póstumo en 1725³³⁵, al que siguió, en 1729, su *Atlas Coelestis*, que traducía gráficamente la información contenida en el catálogo.

Faltaba aún un tercer elemento –las tablas del movimiento solar y lunar: éstas

³³⁴ Entre los historiadores hay cierto consenso a la hora de conceder la invención del mismo a dos autores de modo independiente: por un lado, Hadley lo describe en mayo de 1731 en una comunicación dirigida a la *Royal Society*. Una carta fechada el año siguiente, que Halley hizo llegar al mismo organismo, informaba que un vidriero, Thomas Godfrey, había desarrollado un ingenio similar aproximadamente por la misma fecha, así que la *Royal Society* concluyó que había sido una invención casi simultánea. Lo curioso del caso es que, en 1742, apareció entre los papeles de Halley un dibujo y una descripción de un prototipo similar a cargo de Isaac Newton, aparentemente de 1700.

³³⁵ Poco antes de su muerte, acaecida el 31 de diciembre de 1719, se había impreso el Volumen I y la mayoría del II. En el cargo de Astrónomo Real le sustituiría su archienemigo, Edmond Halley.

vinieron de la mano de Tobías Mayer de Göttingen quien, empleando las ecuaciones de Euler, y un círculo de repetición de su invención, elaboró unas tablas del Sol y la Luna basadas tanto en sus propias observaciones como en las de James Bradley, que había reemplazado a Halley como Astrónomo Real a partir de 1742. En 1755, Mayer se las envió al Almirante Lord Anson, quien posteriormente las presentaría al *Consejo de la Longitud* en 1756. Para satisfacer el requisito de que tenían que mostrarse útiles en el mar, se le encomendó a Nevil Maskelyne que las sometiera a prueba y, con tal fin, embarcó con rumbo a la isla de Santa Helena, cotejándolas con las observaciones realizadas por él mismo con un cuadrante de Hadley. Tras este periplo de dos años, Maskelyne publicó *The British Mariner's Guide* (London, 1763).

Poco tiempo después, concretamente en 1765, el propio Maskelyne es nombrado Astrónomo Real. Por entonces, el método de las distancias lunares, aunque practicable, contaba con un gran hándicap: el tiempo que llevaba realizar los cálculos; un individuo tan avezado como Maskelyne empleaba cerca de cuatro horas para realizarlos. La solución pasaba entonces por publicar un almanaque (o efemérides) náutico que anticipara los movimientos de los astros. Para ello, Mayer había revisado sus tablas iniciales³³⁶, que el mismo Maskelyne testaría nuevamente en otro viaje, esta vez a Barbados, entre 1763 y 1764. En diciembre de 1766 vio la luz *The Nautical Almanac and Astronomical Ephemeris for the year 1767*, junto con un volumen complementario, *Tables Requisite to be used with the Astronomical and Nautical Ephemeris*. Concebido como una ayuda indispensable para la navegación, el *Almanac* simboliza un hito de la observación astronómica. Su edición anual garantizó la supremacía del meridiano de Greenwich para uso náutico³³⁷.

5.4. La repercusión pública del problema de la longitud.

En un momento anterior concebíamos esta característica como la decisiva a la hora de detallar la cuarta fase del problema de la longitud. En relación a los diferentes agentes sociales implicados en el problema, se añade en este momento lo que podríamos llamar la *opinión pública*. El problema había traspasado los límites de palacio, y no concernía

³³⁶ Estas fueron realizadas en 1700, un poco antes de su fallecimiento, y fueron remitidas al Consejo por la viuda.

³³⁷ La versión francesa del *Almanac*, el *Connaissance des Temps*, articulaba las longitudes desde el meridiano de París, aunque éste se definía en referencia a Greenwich; incluso las propias instrucciones eran una traducción de su homólogo inglés.

únicamente a gobernantes y su cuerpo de técnicos especialistas. Ahora había trascendido al foro. Y ello debido, fundamentalmente, a una serie de acontecimientos que alertaron a la población de la necesidad de contar con un método fiable para hallar la longitud: en primer lugar, el inicio, en 1689, de las hostilidades con Francia, que se saldó, en 1691, con la pérdida de diferentes navíos ingleses en aquella contienda. Más decisivo aún fue el naufragio de la flota comandada por el Almirante Sir Cloudisley Shovell, acaecido el 29 de septiembre de 1707 en las islas Sorlingas, en la costa noroeste de Inglaterra. La flota venía de regreso de una batalla librada contra los franceses en Gibraltar, y este accidente supuso la pérdida de cuatro barcos y de casi 2.000 hombres, incluido el propio Almirante. Este trágico suceso conmocionó a la opinión pública, pues se habían perdido más efectivos por un error de cálculo que por la munición enemiga.

Analizando las posibles causas de la tragedia, además de la escasa fiabilidad del instrumental que se podía encontrar a bordo, parece claro que se requería una mayor exactitud en el modo de determinar la posición en un navío. Era evidente que, por sí mismo, el levantamiento de un Observatorio, aunque condición necesaria, no era suficiente para alcanzar una solución. Esto, indudablemente, alimentó una *presión pública* ejercida desde la base, haciendo necesaria y urgente una solución factible y fiable, no sólo para evitar pérdidas económicas sino, sobre todo, de capital humano.

A partir de ahí, la determinación de la longitud dejaba de percibirse como un problema potencialmente soluble, experimentándose con ello un cambio de actitud hacia el problema: de un inicial anhelo optimista en cuanto a su solución, se convierte en una quimera que históricamente se situaría a la altura de la cuadratura del círculo o el movimiento perpetuo. Esta sensación de desconfianza hacia la capacidad de obtener una solución definitiva llevó a considerar esta materia como propia *de locos*. Ya Cervantes había retratado en *El coloquio de los perros* a un apesadumbrado matemático, paciente del Hospital de la Resurrección, que se lamentaba de su mala fortuna en su sempiterna búsqueda tanto del *punto fijo* como de la cuadratura del círculo:

«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 dél, que me admiro. Lo mismo me acaece con la cuadratura del círculo: que he llegado tan al remate de hallarla, que no sé ni puedo pensar cómo no la tengo ya en la faldriquera; y así, es mi pena semejable a las de Tántalo, que está cerca del fruto y muere de

hambre, y propincuo al agua y parece de sed. Por momentos pienso dar en la coyuntura de la verdad, y por minutos me hallo tan lejos della, que vuelvo a subir el monte que acabé de bajar, con el canto de mi trabajo a cuestras, como otro nuevo Sísifo»³³⁸.

La imagen metafórica de Sísifo da idea de la dificultad del problema, y de su carácter de *enigma sin solución posible*, a no ser que pudiésemos desprendernos de nuestra misérrima condición finita. Ésta podía ser en parte la idea de Jonathan Swift en sus *Viajes de Gulliver*, quien hace que el protagonista viaje a Luggnagg, tierra habitada por unos seres extraños, los *strudlbruggs*, cuya principal característica era su inmortalidad. En un principio, Gulliver exaltaba las bondades de nacer inmortal, imaginando cómo sería su *modus vivendi* si compartiese con esos curiosos seres la condición de inmortal:

«Añádase a esto el placer de presenciar las diversas revoluciones de los estados e imperios; las transformaciones en toda la faz de la tierra, las grandes ciudades convertidas en ruinas, y la transformación de los villorrios en sedes de la realeza, los ríos famosos en riachuelos, los océanos regando una costa y dejando seca otra y el descubrimiento de países ignotos, la recaída en la barbarie de las naciones más civilizadas y la vuelta a civilizadas de las más bárbaras. *Presenciaría el descubrimiento de la longitud*, el movimiento continuo, la medicina universal y el perfeccionamiento máximo de muchos otros inventos sensacionales»³³⁹.

El genial Jonathan Swift pertenecía al *Scribblerous Club*, que aglutinaba a una serie de intelectuales satíricos. Un simpatizante de ese círculo, el no menos genial William Hogarth, tampoco permaneció ajeno a ese problema. La primera referencia al problema de la longitud la da en *The Rake's Progress*, una serie de grabados compuesta de ocho piezas, iniciada a partir de 1733, terminados en junio de 1735, fechas entre las cuales se sitúa también la realización de los lienzos. *La Carrera del libertino*, como suele traducirse, retrata las peripecias de un joven que hereda la fortuna de su padre, dilapidándola en una vida dedicada al lujo y el vicio. La última escena de la serie representa posiblemente por vez primera el interior de un hospital psiquiátrico, concretamente el de Bedlam, en Moorfields (Londres), donde eran reclusos los pacientes de menor estatus socioeconómico³⁴⁰.

³³⁸ Cervantes 1991, p. 356.

³³⁹ Swift [1727] 1988, p. 192.

³⁴⁰ El Bethlehem Hospital, fundado en el siglo XIII como priorato de la orden de la Estrella de Belén, se convirtió después en asilo para enfermos mentales, la primera institución de su clase en Inglaterra y una de las primeras de Europa. Cuando Tyson se hizo cargo del establecimiento, en 1684, el nombre del mismo – pronunciado Bedlam- hacía tiempo que se usaba para referirse a cualquier sitio donde reinara el ruido y la

En primer plano destaca el protagonista, quien, presa de una crisis y en el suelo, es atendido por dos enfermeros del centro, uno de los cuales le ata con cadenas las muñecas y los tobillos. A su alrededor, existe toda una pléyade de representantes de las más variopintas *enfermedades* mentales. Así, tenemos víctimas de las diferentes manifestaciones de la voluntad de poder, como un rey, un papa, o incluso un maníaco religioso; también tenemos a *artistas*, posiblemente excluidos de la República platónica, como el músico y el sastre; al irredento enamorado; y, cómo no, a los devotos buscadores de los secretos más arcanos, como el astrónomo ciego y los *longitudinarios*: entre las celdas 54 y 55, oculto a medias por la puerta, un matemático ha trazado en la pared un globo terráqueo, con sus meridianos y paralelos. Además, aparecen otros ítems: a) un barco, que subraya la importancia del problema en alta mar, puesto que en tierra firme el problema podía atacarse *à la Française*, esto es, usando el método basado en los satélites de Júpiter; b) la Luna, el oscuro objeto del deseo de los astrónomos ingleses; y c) un mortero disparando un proyectil, que claramente refiere al *Proyecto Whiston & Ditton*, que habíamos mencionado anteriormente, y que detallamos a continuación, no tanto por su importancia *científica* cuanto *histórica*, al impulsar el mayor Premio a los méritos científicos ofrecido hasta la fecha.

5.4.1. *The Whiston & Ditton Project.*

El 14 de julio de 1713, en una carta aparecida en el rotativo *The Guardian*, los Sres. William Whiston y Humpfrey Ditton hablan de un nuevo proyecto que consideraban definitivo, y que desvelarían en el caso de que se les ofreciese una generosa recompensa; al año siguiente la desvelaron, aunque sin mediar contraprestación alguna³⁴¹. Aunque

confusión. Los enfermos mentales eran golpeados, encadenados y encerrados en celdas. Bedlam se había convertido así en un espectáculo tan público que una escena clave en las comedias de la Restauración mostraba a la gente elegante que «iba a ver a los lunáticos» como si fuera al circo o al zoo. Bedlam era también lugar de destino para las personas *depravadas*, las que suponían un atentado contra el orden público, y para los aprendices perezosos. Los directores de Bedlam no se habían atrevido a prohibir las visitas, pues en ocasiones los ricos *ociosos* se interesaban por la institución y hacían donaciones. En una época bastante dura, Tyson consiguió humanizar considerablemente el tratamiento de los enfermos mentales. Con el fin de convertir aquel ambiente carcelario en el propio de un hospital, contrató a enfermeras y creó un fondo para vestir a los pacientes pobres. Bedlam comenzó a transformarse en un centro no de castigo sino de terapia.

³⁴¹ W. Whiston; H. Ditton: *A New Method for Discovering the Longitude both at Sea and on Land* (London, 1714). La propuesta consistía en situar una serie de navíos en posiciones conocidas a intervalos a lo largo de

estrafalario, este Proyecto fue considerado seriamente por gran parte de sus contemporáneos. No obstante, animados por la sensibilidad hacia el problema que mostraba la opinión pública, decidieron presentar al Parlamento Británico la solicitud de una recompensa por «descubrir la longitud» y, de paso, proponerse a sí mismos como candidatos. La petición, inicialmente cursada en abril y reimpressa el 25 de mayo, fue enviada a un Comité de la Cámara de los Comunes, quien designó una serie de técnicos expertos, entre los que se encontraban Isaac Newton y Edmond Halley, quien había sucedido a Flamsteed como Astrónomo Real. El 11 de junio de 1714, el propio Newton extendería un informe sobre el estado de cosas vigente en cuanto a la longitud, en el que exponía los principales métodos hasta entonces ensayados para el cálculo de la longitud en el mar:

«Uno es mediante un Reloj para mantener exactamente el Tiempo; pero, a causa del Movimiento de un Barco, la Variación de Calor y Frío, de lo Húmedo y lo Seco, y la Diferencia de Gravedad en las diferentes Latitudes, tal Reloj no ha sido hecho aún.

Otro es por medio de los Eclipses de los Satélites de Júpiter; pero, a causa del Tamaño de los Telescopios requeridos para observarlos, y del Movimiento de un Barco en el Mar, estos Eclipses no puen ser allí observados todavía.

Un tercero se basa en el Lugar de la Luna; pero su teoría no es aún lo suficientemente exacta, al estar dentro de un margen de Dos o Tres Grados, pero no dentro de Un Grado.

Un cuarto es el Proyecto del Sr. Ditton [...].

En los Tres primeros Modos debe haber un Reloj regulado por un Resorte, y rectificado en cada visible Amanecer y Atardecer, para decir la Hora del Día, o de la Noche: en la Cuarta, dicho Reloj no es necesario. En el Primero, debe haber Dos Relojes; éste, y el otro mencionado arriba [...]³⁴².

La consecuencia inmediata es que el 16 de junio se presentó en la Cámara de los Comunes una propuesta «para Proporcionar una Recompensa Pública para la Persona o Personas que Descubran la Longitud en el Mar» (Howse [1997] 1998, p. 57), cuyas cuantías oscilaban entre: 10.000£, si el margen era de 1° ó 60 millas; 15.000£, si estaba dentro de los 2/3 de esa distancia, es decir, 40 millas; y, finalmente, 20.000£, si se reducía

las rutas comerciales. Cada uno de ellos debía de estar equipado con un mortero cuya función sería disparar verticalmente un proyectil (bengala o cohete) visible desde lejos a media noche según la hora del «Pico de Tenerife», emplazamiento donde situaban su primer meridiano. Ellos estimaban que este proyectil alcanzaría su punto más alto a unos 6.440 pies de altura, si no se consumía antes. Los barcos que estuviesen en las proximidades deberían prestar especial atención a estos proyectiles. La distancia a la que estaría el observador se calcularía, bien anotando la diferencia de tiempo existente entre el flash de la descarga y la percepción del sonido, bien midiendo la elevación de la estela desde el casco del navío. Finalmente, una brújula daría la dirección de la posición registrada.

³⁴² Hall y Tilling (eds.) 1976, pp. 161- 162. Entre los métodos listados por él, llama la atención el hecho de que nada se dice de los métodos basados en el magnetismo terrestre, síntoma evidente de que habían caído en desgracia en el escenario científico.

la horquilla hasta la mitad, es decir, $1/2^\circ$ ó 30 millas. Para que la recompensa se hiciese efectiva, «tal Método para el Descubrimiento de la Longitud habrá sido probado y encontrado Práctico y Útil en el Mar» (*op. cit.*, p. 58). No obstante, los Comisionados se reservaban la potestad para adelantar sumas de hasta 2.000£ para planes o proyectos prometedores y, en el caso de que una propuesta no lograra satisfacer los criterios arriba mencionados, pero fuese considerada «de interés general», podría ser recompensada con una cantidad menor a la estipulada. El Documento fue leído por vez primera el 17 de julio de 1714; la Reina Ana dio su Consentimiento Real el 20 de julio, doce días antes de su fallecimiento. De este modo se instauró el *Consejo de la Longitud*³⁴³, comité en el que Flamsteed, en calidad de Astrónomo Real, fue designado miembro *ex officio* del mismo. Enseguida se instauró una entidad autorizada a evaluar las diferentes propuestas y recompensar a los candidatos. El *Consejo de la Longitud*, como así fue llamado, tenía potestad igualmente para ofrecer sumas parciales en concepto de adelanto a métodos que podían ser potencialmente útiles o que se moviesen en una horquilla inferior a los 80". La otra mitad del premio se concedería una vez fuese testado el método en un navío que, partiendo de las Islas Británicas, llegara a cualquier puerto de las Indias Occidentales, fijado de antemano.

El efecto inmediato fue la publicación de muchos panfletos de aquellos que pensaban tener la solución al problema, y muchos de ellos calificados de *excéntricos* y *oportunistas* (Gingerich 1996). No obstante, el pulso final se estableció fundamentalmente entre dos métodos: el de las distancias lunares, puesto que era la heurística investigadora promocionada por el Observatorio de Greenwich, y el de la cronometría, opción que técnicamente fue posible de la mano de un humilde carpintero, John Harrison. Al igual que sus sucesores en el cargo, Maskelyne era parte interesada en la solución, no en vano se trataba de un comité formado por científicos para premiar una solución *científica* al problema. Será precisamente este conflicto de intereses el que lata debajo de la historia que se narre a continuación, y que puede, asimismo, justificar su extensión dentro del cuerpo del texto. Desde un punto de vista metodológico y epistémico, cada grupo en cuestión hará profesión de fé sobre un instrumento en particular, al que se le irán asociando cada vez más

³⁴³ El *Consejo* existió como tal desde 1713 hasta 1828, con una reorganización parcial en 1818. Parece que únicamente están disponibles las Actas del Consejo a partir del 30 de junio de 1737, 23 años después de su establecimiento. Durante todo ese tiempo, y al igual que sucedió en España, se convirtió en presa fácil de toda una ralea de lunáticos, ociosos, desocupados, entusiastas...

elementos en el sistema para fortalecer cada una de las redes. Los comisarios harán valer su posición predominante dentro de la jerarquía tanto política como científica tanto como puedan, para ganar tiempo a la espera de que la solución promocionada desde dentro consiga los estándares de excelencia que la solución propuesta por los *marginales* iba alcanzando por méritos propios.

5.5. Gea cede ante Cronos: la epopeya homérica de John Harrison.

El método para hallar la longitud que rivalizó en tiempo y forma con el que estaba basado en las distancias lunares no era otro que el de la cronometría, el cual se articulaba también en referencia a otro aparato: el cronómetro marino. La idea de usar un reloj mecánico portátil para hallar la longitud fue primero propuesta por el astrónomo Gemma Frisius:

«La longitud se halla entonces con la ayuda de estos relojes de acuerdo a este método: Primero, antes de que nos dispongamos al viaje, debemos cuidar que el reloj esté ajustado con precisión a la hora de lugar desde el cual partimos. Luego, no se debe parar nunca durante el viaje. Tras haber pasado 15 ó 20 millas, si queremos saber la distancia que hemos recorrido en longitud desde el punto de partida, debemos esperar entonces a que la mano del reloj toque exactamente el punto de cualquier hora y, en el mismo momento, calcular la hora de nuestra localización actual por medio de un astrolabio o de nuestra esfera. Si esto coincide al minuto con el tiempo que muestra el reloj, es cierto que estamos aún bajo el mismo meridiano o a la misma longitud, y nuestro viaje ha sido realizado hacia el sur o el norte. Pero si difiere en una hora o en cualquier número de minutos, entonces debe convertirse en grados o minutos de grado, como hemos explicado en el capítulo anterior, y de este modo se determina la longitud».³⁴⁴

Hasta entonces, el único método practicable de medir una fracción de tiempo consistía en medir la cantidad de movimiento, durante un cierto periodo, de algo que se moviese de una manera aproximadamente uniforme, como el agua de una clepsidra o la sombra del gnomon en un reloj solar, si bien se asumía que no eran medidores de tiempo muy precisos (Gould [1923] 1978, p. 20).

³⁴⁴ [Gemma Phrysius] *de Principiis Astronomiae & Cosmographiae, Deque usu Globi ab eodem editi...* (Louvain & Antwerp, 1530), parte 2, cap. 18, fols. D2^v-D3^f (cit. por Andrewes [1996b] 1998, p. 391). Aunque no menciona explícitamente su uso en navegación, esta propuesta aparece en el capítulo 18°. En la quinta edición, datada en 1533, la sección casi literal aparece en el capítulo 19°, y ahí se incluye un pequeño tratado recomendando el uso de relojes de agua o de arena como utensilios medidores de tiempo para ajustar los relojes mecánicos en largos viajes, especialmente si éstos se realizan en el mar. A partir de ella, reconoce el autor que las variables atmosféricas influyen en el comportamiento de los relojes.

Frisius sugirió adoptar el llamado *huevo de Nuremberg* como cronómetro portátil para su uso a bordo. Posteriormente, Santa Cruz recogería esta propuesta como una de las vías posibles para calcular la longitud³⁴⁵. Asimismo, también había sido recomendado su uso por Cunningham 1559, fol. 103, aunque también había detractores en virtud de la escasa fiabilidad de los instrumentos como, por ejemplo, Hues [1594] 1639, pp. 171- 172. En la práctica, uno de los problemas de cualquier reloj mecánico residían en disponer de un mecanismo impulsor y un dispositivo de regulador adecuados. El primero se vino a resolver parcialmente con la introducción de los mecanismos de escape en sustitución de los pesos en caída libre. En el caso del segundo, una innovación interesante vino de la mano de la introducción del péndulo por Galileo. Pese a que el mecanismo del péndulo galileano se había diseñado como complemento a su método para el cálculo de las distancias lunares, se considera que Cristiaan Huygens fue el artífice del primer cronómetro diseñado expresamente para calcular la longitud en el mar (Gould [1923] 1978, p. 27). Entre otras particularidades, su prototipo contaba con un dispositivo en espiral del volante del reloj como sistema alternativo al péndulo para fijar la marcha de un reloj³⁴⁶. Pero la apoteosis del cronómetro marino vino de la mano de un humilde carpintero inglés, John Harrison, en cuya historia nos detendremos a continuación.

En 1713, John Harrison había construido un primer reloj de péndulo. El aparato es único por estar confeccionado casi en su totalidad de madera. Es un reloj *de ebanista*, con ruedas dentadas de roble y ejes de boj unidos e impulsados por pequeñas piezas de cobre y acero. Construyó otros relojes de madera, casi idénticos, en 1715 y en 1717. La innovación que introdujo Harrison estaba localizada en el escape, la pieza que contaba los latidos del marcapasos del reloj. Era éste el *escape de saltamontes*, nombrado así por los movimientos de sus elementos entrecruzados, silenciosos y privados del rozamiento habitual. En 1728 Harrison viajó a Londres desde su villa natal, portando consigo algunos de los ejemplares de su construcción y algunos bocetos de un reloj marino, con el que quería obtener alguna ayuda por parte del Consejo. Se dirigió a Halley, a la sazón Astrónomo Real y miembro *ex officio* del Consejo, quien le sugirió que entablara contacto primero con George Graham, un horólogo de reconocido prestigio. Desde un primer momento hubo buena sintonía entre ambos, y, a raíz de ese primer encuentro, que se prolongó durante un espacio de diez horas, Harrison llegó a la conclusión de que era preferible realizar la máquina que tenía en

³⁴⁵ Santa Cruz (1567), pp. 58-63.

³⁴⁶ C. Huygens, *Horologium Oscilatorium* (Paris, 1673).

mente antes de solicitar la ayuda financiera del Consejo. Inmediatamente, retornó a Barrow, y se puso a trabajar sobre un primer prototipo.

5.5.1. Soluciones particulares para un problema general.

El primero de los relojes, conocido como H1³⁴⁷, incorpora dos largos balancines interconectados en vez de un péndulo, brazos pivotados centralmente con una bola pesada en cada extremo. El sistema de engranajes funcionaba con ruedas dentadas de madera. Fabricado en bronce reluciente, con barras y volantes que asoman por los ángulos, su ancha parte inferior y los salientes a gran altura recuerdan un buque antiguo, tal vez un cruce entre galera y galeón. Está colocado en una caja acristalada cuyo borde alcanza los 122 cms. En él destacan los grandes resortes en espiral, así como la extraña maquinaria de la que está provisto. Las bolas metálicas de un balancín estaban conectadas por resortes helicoidales a las bolas de la otra. Varios utensilios de los relojes de precisión fueron también incorporados. Quizá la característica más sobresaliente de este artilugio era la cantidad de detalles ensamblados para eliminar la fricción. Su realización y testado tomó cinco años, desde 1730 hasta 1735. Su peso total asciende a un peso aproximado de 33 kgs. Y muestra, de arriba hacia abajo, y de izquierda a derecha, los segundos, el día, los minutos, y la hora.

Este reloj fue contrastado con éxito en una barcaza a remolque, y se dispuso dentro de una caja de madera suspendida por resortes espirales en sus esquinas para amortiguar el movimiento. En el interior de esa caja el reloj se disponía sobre un cardán, un dispositivo consistente en dos anillos cuyos ejes se disponen perpendiculares de modo que el objeto que cobija siga suspendido en el plano de la horizontal. Con H1, Harrison había elevado del tema de la longitud al nivel de la ciencia en combinación con el arte. Sobre este curioso prototipo, decía William Hogarth lo siguiente:

«Por orden del gobernador ha construido Mr Harrison un reloj para conocer con exactitud el tiempo en el mar, cuyo mecanismo quizá sea uno de los más delicados que se hayan construido. Actualmente está haciendo otro. ¡Qué afortunado el ingenioso inventor al conseguir lo que se proponía! Por más que, tanto la forma del conjunto, como la de cada pieza de esta curiosa máquina,

³⁴⁷ Al igual que los demás, se hallan expuestos en el *Royal Observatory* de Greenwich, donde se observa su funcionamiento tras pulsar un botón. En el vecino *National Maritime Museum* se encuentran actualmente unas réplicas de inferior calidad.

resulte tan confusa o enojosa a la mirada y sus movimientos sean desagradables del contemplar [...] De haber sido una máquina de este tipo obra de la naturaleza, tanto el conjunto como cada una de las partes habría tenido una exquisita belleza de forma, sin perjudicar por ello la perfección de su movimiento, como si sólo hubiese sido concebida para adornar»³⁴⁸.

Tras obtener un certificado firmado por cinco miembros de la *Royal Society*, que avalaban la idoneidad del aparato, solicitó formalmente al *Consejo de la Longitud* una prueba en el mar, y fue enviado a Lisboa en el *Centurión*; para el viaje de regreso fue embarcado en el *Oxford*. Pero el motivo de este viaje no era otro que el comprobar el funcionamiento del cronómetro marino en condiciones apropiadas, puesto que su dirección era prácticamente de norte a sur. No obstante, resultó lo suficientemente convincente para que el Consejo le prometiera el pago de unas 500 £. La mitad se la abonó en el acto, mientras que el resto quedaba supeditada a la conclusión de un segundo reloj que Harrison se proponía hacer, de menores dimensiones, pero capaz de corregir algunas deficiencias mostradas por H1.

Con H2 (1737 - 1740) tenemos casi una réplica de H1, aunque con algunos detalles mejorados. Pese a su menor tamaño, supera en algo el peso de su predecesor, al alcanzar los 39 kg. Al igual que éste, mantiene la rejilla, combinando varillas de latón y de acero montadas cerca de los volantes para inmunizar los relojes a los cambios de temperatura. En enero de 1741, Harrison escribió al Consejo manifestando que estaba absorto en un tercer ingenio mecánico, que esperaba sobrepasaría en eficacia a sus predecesores. Recibió por ello un anticipo de 500 £, cantidad con que sufragaría la mano de obra artesanal que había contratado para la ocasión.

H3, en el que invirtió casi dos décadas en su elaboración, desde 1740 hasta 1759, difería de los anteriores en la forma de los balancines y en el modo en que se hallaban dispuestos para las compensaciones de los cambios de temperatura. La tira bimetálica, al igual que el péndulo de rejilla, compensaba mejor cualquier cambio de temperatura que pudiera afectar a la marcha del reloj, y lo hacía, además, automáticamente. Se trata de una tira simplificada, aerodinámica, de latón y acero laminados, y remachados con el mismo propósito. El dispositivo antifricción consiste en un rodamiento de bolas en posición fija.

³⁴⁸ Hogarth [1753] 1997, pp. 90- 91.

En 1757, Harrison se ofreció a probarlo en el mar, y sugirió al mismo tiempo la posibilidad de realizar dos cronómetros de menor tamaño, uno de bolsillo y otro algo mayor. Esta propuesta fue aprobada, y así se presentó un nuevo prototipo, H4, que, en función de su belleza y precisión, merece un lugar destacado en la historia de la horología. Además, este nuevo cronómetro supone una ruptura, en cuanto a su morfología, con sus predecesores, inaugurando así un nuevo *paradigma* tecnológico. H4, cuya realización abarca desde 1755 hasta 1759, se asemeja bastante a un reloj de bolsillo de hoy en día, y fue dispuesto simplemente sobre un pequeño amortiguador en su caja. En marzo de 1761, Harrison informó al Consejo de la Longitud de que éste último estaba sincronizado con H3, y solicitó una prueba de ambos relojes en el mar. Harrison contaba entonces con 67 años y, puesto que era difícil que él mismo realizase personalmente la prueba, delegó en su hijo William. Harrison recibió 250£ más del Consejo.

Antes de la prueba, las diferentes partes entablaron un proceso de negociaciones. Concluido éste, se acordó que sería H4 el que realizara la prueba, depositándose para ello en el interior de una caja cerrada por cuatro cerraduras, cuyas llaves se confiaron a William Harrison, al Gobernador Lyttleton de Jamaica, pasajero del *Deptford*,³⁴⁹ a Dudley Digges, capitán del navío, así como a su segundo de a bordo. El barco partió finalmente el 18 de noviembre de 1761 desde Spithead con destino a Jamaica. Al noveno día aconteció una muestra de lo que H4 era capaz de brindar: privado de todo contacto visual con cualquier vestigio de tierra firme, Harrison anunció, guiándose por el cronómetro, que verían Madeira al día siguiente si ésta estaba correctamente representada en el mapa. El vaticinio se cumplió a las 6:00 a.m. del día siguiente. A su llegada a Jamaica, se comprobó que su localización fue determinada dentro de un margen de error mínimo, demostrando así que el uso de H4 se revelaba como un método «generalmente practicable y útil» que satisfacía los requisitos que le hacían acreedor a la prometida recompensa de 20.000£.

A partir de este momento, las relaciones entre Harrison y el *Consejo de la Longitud* se enturbiaron: el relojero había dedicado una considerable parte de su vida al servicio de la causa, mientras que el Consejo, de por sí bastante reacio a desembolsar una fuerte suma de dinero, desconfiaba de H4 y pensaba que su éxito podría haber sido casual. Para empezar, ninguno de los miembros conocía su mecanismo. Sabedores de que Harrison no

³⁴⁹ Este navío sustituía al *Dorsetshire*, el navío que inicialmente debía de partir con los relojes.

desvelaría tan fácilmente su secreto, el 17 de agosto de 1762 rehusaron extenderle un certificado que avalaba el cumplimiento de las condiciones del Premio, salvo que H4 fuese testado nuevamente. No obstante, desembolsaron unas 2.500£, que serían deducidas si posteriormente el peticionario se hiciese acreedor de una cantidad mayor. Harrison consintió en que H4 fuera sincronizado según la hora de Greenwich, aunque solicitó que se le permitiesen realizar, previamente, algunas alteraciones mecánicas relacionadas básicamente con el movimiento del balancín.

En febrero de 1763, Harrison tuvo noticias de que se le concedían 5.000£ si revelaba los principios de su invento a ciertos Comisionados, y el resto después de una segunda prueba. Harrison se opuso entonces a que H4 fuese trasladado a Greenwich, temiendo perder el control sobre la dinámica de funcionamiento de su ingenio mecánico. Los observadores seleccionados para tomar las notas sobre Jamaica fueron Green, asistente de Nathaniel Bliss, el Astrónomo Real, y Nevil Maskelyne, quien había regresado no hacía mucho de Santa Helena con el objetivo de estudiar el tránsito de Venus. Con el consentimiento de Harrison, se optó esta vez por ir a Barbados. Maskelyne y Green habían tomado la delantera, lo que permitió al primero calcular la posición basándose en el método de las distancias lunares, que estimaba superior. Pronto llegó esta noticia a oídos de Harrison, quien consideró que Maskelyne era parte interesada y, por lo tanto, un competidor directo, lo que aumentaba aún más sus recelos.

Por resolución del Consejo, el 9 de febrero de 1765 se ofreció conceder a Harrison la mitad de la recompensa tan pronto como explicase los principios que rigieron la construcción de H4, y la otra mitad en el momento en que otros ingenios similares mostrasen idéntica eficacia. A partir de ahí, las cosas se agriaron aún más. El 28 de mayo el Consejo decidió que, para obtener la primera mitad del Premio, Harrison debía, bajo juramento, cederles su cronómetro, así como una explicación detallada de su construcción por escrito, y los bocetos que inspiraron su diseño. Asimismo, debía explicar oralmente dichos principios, ante ciertas personas designadas, mientras despiezaba antes ellos H4, con la obligación de responder a todas y cada una de sus preguntas, y demostrando cada cosa experimentalmente. Estas cláusulas resultaban del todo indignantes para Harrison; aún así, aceptó las dos primeras condiciones, aunque sólo en parte.

El Consejo intentó suavizar sus posturas, especialmente la relacionada con la exhibición experimental. El 22 de agosto de 1765 Harrison desarmó su cronómetro en su casa ante un comité de seis miembros designados por el Consejo: los Revs. John Mitchell y William Ludlam, y los Sres. John Bird, Thomas Mudge, William Matthews y Larcum Kendall. Harrison, bajo juramento, dio una explicación exhaustiva del mecanismo así como del proceso de elaboración. Seguidamente, el comité expresó al Consejo su satisfacción por la información recibida, y el 28 de octubre, tras rearmar H4, Harrison recibió un certificado que le hacía merecedor de 7.500£ que, junto a las 2.500£ obtenidas tras el viaje a Jamaica, sumaba sólo la mitad de la cuantía ofertada en un principio. No obstante, la información que Harrison había dado se demostró insuficiente para permitir que cualquiera construyese un cronómetro similar, reproduciendo las mismas condiciones; incluso las ilustraciones resultaban tan oscuras como la descripción.

El Consejo, entonces, optó por enviar H4, con mucha ceremonia, a Greenwich, para sufrir una larga prueba de manos de Maskelyne, ahora convertido en Astrónomo Real. Los resultados, como cabía esperar, no eran del todo satisfactorios. El Consejo contrató entonces con Kendall la realización de un duplicado de H4, aunque Harrison rehusó prestarlo. Entre 1767 y 1770 los Harrison estaban enfrascados en la realización de H5, una versión mejorada de H4, cuyo ajuste finalizó en 1771. El Consejo entonces decidió que el Capitán Cook portase el primero de los relojes de Kendall, K1, en su segundo viaje. Por su parte, H5 sería testado en el Observatorio privado del Rey.

Tras apelar a la Cámara de los Comunes, Harrison obtuvo una suma de 8.750£, que completaban las restantes 10.000£ del Premio. Harrison murió poco después, el 24 de marzo de 1776 a la edad de 83 años. Pero, en el fondo, *Harrison sólo había mostrado que la solución práctica era posible, y no dio con la solución real al problema, porque, en primer lugar, el proceso de fabricación era muy costoso y empleaba materiales enormemente caros, además de necesitar la pericia de un hombre con una destreza fuera de lo común.* Posteriormente, algunos relojeros siguieron por la senda de Harrison, casos de Arnold y Earnshaw. Al poder fabricar relojes más baratos, los hicieron asequibles a un mayor espectro de público y su uso se estandarizó, con lo que el problema de la longitud ya se habría resuelto parcialmente. Únicamente quedaba por decidir un primer meridiano de referencia desde el que empezar a realizar los cálculos.

6. *Britania hace realidad el viejo sueño isabelino.*

El meridiano de Greenwich se había revelado útil para un grupo determinado de profesionales al margen de los astrónomos: los marineros³⁵⁰. Pero su consolidación definitiva vino de la mano de su difusión para propósitos civiles. De hecho, a mediados del siglo XIX las organizaciones más afectadas eran el servicio postal, las compañías ferroviarias, y las compañías telegráficas. Pero fue el sector de los transportes quien forzó la adopción de un tiempo uniforme (Howse [1997] 1998, p. 92).

En Inglaterra, hasta la aparición del ferrocarril como medio masivo de transportes, la precisión del tiempo para el uso de la vida no era del todo importante. Los relojes públicos instalados en cada ciudad señalaban la *hora local*, basada en el meridiano local: así, un reloj en Bristol mostraba un adelanto de 16 minutos respecto de uno situado en Londres. Esto no representaba un inconveniente real si ambas ciudades permanecían relativamente alejadas. Pero, una vez unidas por el ferrocarril, y ya no sólo no entre sí, sino entre docenas de ciudades, el sistema se revelaba bastante limitado: para empezar, era difícil conciliar los horarios de llegadas y salidas de los trenes³⁵¹. En épocas anteriores, cuando los viajeros no eran tan numerosos, las consecuencias derivadas de la proliferación de horas locales no eran tan notables. Pero con el desarrollo de las comunicaciones se incrementan las distancias recorridas, y se revoluciona la vida social y los hábitos de los ciudadanos³⁵². En noviembre de 1840, la *Great Western Railway* dispuso que, en sus estaciones, los horarios de los trenes debían regirse por la hora de Londres. A esta medida se sumaron muchas otras compañías, así como muchas otras localidades periféricas³⁵³. El año 1851 fue testigo de la generalización de relojes públicos eléctricos, así como de la extensión del cable telegráfico entre Dover y Calais. A finales de julio de 1872, el servicio

³⁵⁰ La primera señal temporal de carácter público fue la bola roja que se deja caer diariamente (desde su implantación en 1833) a la una en punto, con el fin de que los marineros pudiesen tener una referencia visual clara para ajustar sus cronómetros.

³⁵¹ En Europa, la situación de los ferrocarriles era similar a la de Gran Bretaña. En líneas generales, aunque los pasajeros mantenían hora local, los trenes en cada país se regían por un tiempo central. En el ínterin, sucesivos postes a lo largo de los raíles iban registrando los cambios.

³⁵² La Gran Exhibición de 1851, en Hyde Park, atrajo, según el periódico *The Times*, a seis millones de habitantes, de los cuales 75.000 eran extranjeros. La mayoría de ellos usaron el tren para acudir al mencionado evento.

³⁵³ Hacia 1855, el 98% de los relojes públicos en Gran Bretaña se ajustaban en función de la hora de Greenwich (Howse [1997] 1998, p. 114).

de Correos confirmaba su total adhesión a la hora de Greenwich en toda la red de oficinas (Howse [1997] 1998, p. 104). En 1880, la hora media de Greenwich se impuso como hora legal oficial en Gran Bretaña.

Si la situación era problemática en este país, donde las diferencias máximas equivalían a 30 minutos de tiempo, el problema se acentuaba en Estados Unidos, cuya diferencia entre este y oeste superaba las tres horas y media. Además, las principales compañías ferroviarias se regían por la hora local de su sede principal como la suya propia, al igual que cada pueblo o ciudad a lo largo de la red viaria. Para intentar solucionarlo, Charles F. Dowd propuso implantar un sistema de husos horarios en EE. UU. en referencia a un primer meridiano situado en Washington³⁵⁴. Los cuatro meridianos trazados ocuparían el centro de su correspondiente franja horaria, aunque ésta se ajustaría, si fuera necesario, a los límites de un estado. Su plan se aceptó casi en su totalidad en 1883, con la salvedad de que el meridiano empleado era el de Greenwich.

Mientras tanto, el 3 de agosto de 1882 el Parlamento autoriza al Presidente de los EE.UU. a convocar un Congreso Internacional para fijar y recomendar la adopción de un primer meridiano común. El 23 de agosto de ese año, el Departamento de Estado de los EE.UU. envió una circular a sus representantes en el extranjero para sondear la viabilidad de dicho Congreso en función de la acogida que pudiera tener en los países en los que tenían representación, antes de cursarles la invitación. La circular explicaba que, puesto que EE.UU. poseía «la mayor extensión longitudinal de cualquier país atravesada por vías ferroviarias y líneas telegráficas» (*Protocols of the Proceedings*, “Annex II”, p. 210) parecía razonable que albergase la sede del Congreso. El motivo principal que había llevado a adoptar semejante resolución no era otro que evitar la continua situación embarazosa que provocaba la ausencia de un estándar de tiempo tanto en el comercio como en las comunicaciones telegráficas y ferroviarias. En previsión de lo que pudiera acontecer, EE.UU. ya había adoptado un estándar de tiempo basado en el meridiano de Greenwich tan sólo 18 días antes de que la invitación se formalizara (Howse [1997] 1998, p. 134). Las invitaciones se extendieron, formalmente, el 1 de diciembre de 1883, en nombre del entonces Presidente de los Estados Unidos, Chester A. Arthur³⁵⁵, e iban

³⁵⁴ *A System of Nautical Time for Railroads* (New York?, 1870).

³⁵⁵ Chester Alan Arthur (1829- 1886) fue el vigésimo primer Presidente del Gobierno de EE.UU. De filiación republicana, su mandato se extendió desde 1881 a 1885. En las aproximaciones bibliográficas más

dirigidas a los países que mantenían relaciones diplomáticas con EE.UU., a los que se les permitió enviar un máximo de tres representantes (*Protocols*, “Annex IV”, p. 212). Desde un primer momento se tendrá como referente, y se harán continuas alusiones a él durante las discusiones, el *VII Congreso Geodésico Internacional*, que se había celebrado en Roma en octubre de 1883.

6.1. El Congreso Internacional del Meridiano.

El 1 de octubre de 1884 se reunieron finalmente en la ciudad de Washington 41 delegados de 25 países, «con el propósito de discutir y, si es posible, fijar un meridiano apropiado para ser empleado como un punto 0° común de longitud y estándar de cálculo de tiempo en todo el mundo» (*Protocols*, p. 1). A diferencia del Congreso celebrado en Roma en el año anterior, allí no sólo se congregaron representantes científicos y técnicos, sino también miembros del cuerpo diplomático. Se asumía, por tanto, que la cuestión no sólo iba a ser estrictamente *científica* sino, también y sobre todo, *política*. Entre los países representados se hallaban, naturalmente, países que contaban con una cierta tradición en lo tocante a albergar la sede de meridianos históricamente relevantes: eran los casos de Gran Bretaña, Francia y España. Junto a ellos convivían en igualdad de condiciones otros países que, sin haber tenido gran peso en el contexto de las relaciones internacionales ni disponer de un meridiano relativamente prestigioso, secundaron con cristiana obediencia las tesis angloamericanas, caso de Hawái, Liberia y Paraguay. Estos *países-comparsa* computaban en igualdad de condiciones con los demás, bajo la consigna «un país, un voto». Esto trajo como consecuencia la existencia de dos bandos claramente diferenciados: por un lado, la *coalición angloamericana*, que contaba con el mayor número de apoyos; y, por el otro, el bando minoritario, el francés, que, en vista de todos estos antecedentes, llevaba las de perder.

El *Congreso Internacional del Meridiano* se desarrolló a lo largo de ocho sesiones, repartidas a lo largo del mes de octubre. La primera sesión estuvo íntegramente dedicada a resolver cuestiones estrictamente formales y de organización: se designó al Conde

corrientes no se alude a que este Congreso hubiera tenido lugar durante su mandato. Un buen motivo puede ser el que, desde un primer momento, su responsabilidad fue subsidiaria, dado que delegó en Frederick T. Frelinghuysen, su Secretario de Estado.

Lewenhaupt, el representante de Suecia, como la persona encargada de organizar un comité que seleccionara, a su vez, a los órganos colegiados del Congreso. Además, el Ministro Lefavre, uno de los delegados franceses, solicitó que las mociones y los discursos fueran publicados no sólo en inglés, sino también en francés. De especial relevancia fue el comienzo de la discusión sobre el carácter del Congreso: en tanto que presumiblemente científico, ¿debía de ser una cuestión abierta al público? ¿O bien cabía esperar que esta masa, lejos de aportar algo significativo a los debates, en realidad supusiera un obstáculo para los mismos?

La segunda sesión estuvo parcialmente dedicada a seguir resolviendo temas formales: después de elegido el comité que elegiría, a su vez, a los secretarios, se autorizó la asistencia de destacados científicos, con voz pero sin voto, con la esperanza de que emitiesen juicios autorizados sobre la materia o resolvieran dudas dentro del ámbito de su competencia. En realidad se aludía específicamente a William Thompson, quien podía ser sumado a la causa angloamericana sin *violar* el cupo inicial de delegados. El propio Lefavre incidía en la idea de que:

« [...] esto es un organismo oficial y confidencial; científico, es verdad, pero también diplomático; que está facultado para tratar sobre asuntos en los que el público general no tiene nada que hacer; que admitir el público a las reuniones podría destruir su privacidad así como someter al Congreso a la influencia de una presión exterior que podría resultar muy perjudicial para sus actas»³⁵⁶.

Este fue uno de los escasos puntos de coincidencia que mostraron los ingleses: el profesor Adams, director del Observatorio de Cambridge, y uno de los cuatro delegados de Inglaterra³⁵⁷, invitó a que los representantes allí reunidos «deberían ser muy precavidos al admitir las pretensiones y las argucias de gente que no tuviera conexión alguna» con dicho comité (*Protocols*, p. 21). Por esa regla de tres, todas las propuestas recibidas del exterior iban a descartarse de antemano. En consecuencia, la batalla se dirimiría en un recinto cerrado, en un ambiente favorable para satisfacer determinados intereses apoyados en una manifiesta superioridad numérica. De hecho, la primera propuesta relevante que se debatió fue, directamente, y sin más preámbulo, proponer Greenwich como sede del primer meridiano (*Protocols*, p. 23). La habilidad de los franceses condujo a admitir la existencia de un requisito-cero: la convenciencia (o no) de fijar «un único primer meridiano para

³⁵⁶ *Protocols*, p. 20.

³⁵⁷ Uno de ellos, Sir Sandford Fleming (1827-1915), jugó un papel crucial en el proceso de la toma de decisiones. A pesar de que era de origen escocés, representaba a Canadá.

todas las naciones en lugar de la multiplicidad de meridianos iniciales que existen actualmente» (*Protocols*, p. 28). La propuesta en sí no era novedosa, pero suponía un comienzo, un consenso sobre la base de acuerdos mínimos. Este exceso de celo puede llegar a resultar desesperante en la medida en que ésta había sido una de las conclusiones básicas a las que se había llegado en el Congreso de Roma. Por tanto, no es de extrañar que esta primera resolución fuese adoptada por unanimidad. Es más, el propio enunciado de la invitación cursada suponía esta garantía primera: fijar un meridiano único llevaba implícita la idea de que éste era conveniente.

6.2. El *revival* de una clásica rivalidad.

Sin duda, la cuestión más interesante del debate estaba aún por llegar, que giraría sobre las características que debía reunir el meridiano que fuese elegido. La controversia generada continúa siendo relevante hoy día, especialmente para los sociólogos, y es de agradecer que quedara plasmada en las Actas con semejante profusión de detalles. En aras de la simplicidad, plantearemos una reconstrucción del debate, caracterizando cada bando sobre la base de un modelo particular de entender la ciencia. Ambos podrán considerarse *científicos*, aunque cada uno asumirá una postura diferente a la de su oponente: la delegación francesa, por un lado, defenderá su postura en aras de una ciencia *neutral* y *objetiva*; la anglosajona, invocando un modelo pragmático.

Los representantes franceses abogaron de entrada por un meridiano inicial que «mantuviera un carácter de neutralidad absoluta. Debería ser escogido exclusivamente para asegurar, tanto para la ciencia como para el comercio internacional, todas las ventajas posibles, y en particular y especialmente, no debería atravesar ningún gran continente –ni Europa ni América» (*Protocols*, p. 36)³⁵⁸. Además de la propia imposibilidad de elegir un meridiano de forma *natural*, los diversos ensayos históricamente empleados han conducido a la proliferación de multitud de meridianos; y la gran mayoría de estas elecciones se habrían realizado con una gran dosis de orgullo nacional de por medio. Para evitar caer en este pecado de *(auto)contradicción performativa*, se abstuvieron de defender explícitamente la idoneidad de París, quizás porque estaban en minoría; en su lugar, citaron

³⁵⁸ Ser neutral y objetivo parece que contradice en sus propios términos la exclusión de los otros continentes de la categoría de *relevantes*.

como soluciones *políticamente correctas*, bien El Hierro, bien el estrecho de Bering³⁵⁹. Aunque ellos, más que insistir en un meridiano en particular, sí que querían dejar claro el principio rector en la elección: nada debería menoscabar el presunto carácter científico que debía poseer el Primer Meridiano. De ahí su insistencia en permanecer absolutamente neutrales.

Los ingleses, por su parte, dejaron bien claro de entrada, al menos, un primer requisito inexcusable para la *cientificidad* del meridiano: siguiendo las conclusiones alcanzadas en el Congreso celebrado en Roma, éste

«debería pasar por un observatorio astronómico de primer orden; [ya] que la ciencia moderna demandaba semejante grado de precisión, y por ello excluía todas las ideas referentes a un meridiano establecido en una isla, en un estrecho, en el cima de una montaña, o siguiendo una construcción monumental [...] llegaron a la conclusión de que sólo había cuatro grandes observatorios que satisfacían estas condiciones en su totalidad. Estos grandes observatorios eran París, Berlín, Greenwich y Washington»³⁶⁰.

En el camino quedaron sedes que tradicionalmente habían tenido cierto predicamento: islas como El Hierro³⁶¹ o las Azores³⁶², cumbres como la de Tenerife³⁶³, o monumentos como la Gran Pirámide³⁶⁴ y el Templo de Jerusalén³⁶⁵. La primera

³⁵⁹ Como un caso en el que un francés, el Cardenal Richelieu, había respetado en lo posible la autoridad de los antiguos Ptolomeo y Marino, para designar un primer meridiano supuestamente neutral; pero que, posteriormente, el geógrafo Delisle había sido quien, en aras de la simplicidad de los cálculos, había redondeado la diferencia de grados entre París y el extremo occidental de la isla de El Hierro (dejándolos en unos 20°), disfrazando de este modo el meridiano de París.

³⁶⁰ *Protocols*, p. 37. Ya hemos visto más arriba que el Observatorio de París se había fundado en 1667. Los otros era bastante más recientes: el de Berlín conoció una primera versión, bastante modesta y de escasa funcionalidad, en 1711, pero fue ampliado y mejorado en 1835; el Observatorio Naval de Washington, por su parte, se estableció en 1830.

³⁶¹ En 1634, el cardenal Richelieu convocó un Congreso de matemáticos y astrónomos en París, con vistas a elegir un primer meridiano común. La conclusión a la que se llegó fue que el primer meridiano debería ubicarse en el extremo occidental que pasara por la isla de El Hierro; de este modo, se respetaría en lo posible lo establecido por Ptolomeo. Pero en esta decisión subyacían motivos más políticos que científicos porque, estando Francia inmersa en plena Guerra de los Treinta Años, se trataba de establecer una barrera de protección.

³⁶² Quedando descartadas, de un plumazo, las propuestas que defendían la existencia de un meridiano natural de origen magnético, a pesar de que contaba con valedores de tanto prestigio como Mercator. En su caso, empero, la razón última era sobre todo estética, puesto que un meridiano de estas características dividía el mapamundi perfectamente en dos zonas.

³⁶³ Hemos visto la propuesta de Whiston y Ditton, que defendían el «Pico de Tenerife» porque era una referencia bastante visible para los navíos en alta mar, y hasta cierto punto, seguía manteniendo la autoridad de Ptolomeo.

³⁶⁴ Uno de los grandes promotores de esta idea era Charles Piazzy- Smith.

³⁶⁵ Aunque se referían explícitamente a una propuesta recibida con ocasión del Congreso, y que rechazaron de plano, una valedora de esta sede fue Jane Squire, quien lo propuso desde sus más firmes convicciones religiosas: en su modelo de reforma, propuso el 0° de longitud en Jerusalén en el momento del nacimiento del Mesías. Para más información, puede consultarse Doble 2004c.

consecuencia que se desprende es que tenía que elegirse un observatorio que estuviese en aquel momento en plena actividad, dado que uno nuevo, por muy neutral que se quisiera, traería aparejado una inversión grande de recursos que podría ser evitable, puesto que obligaría a redefinir los patrones de referencia espacial y temporal. Además, el orgullo nacional, sostenían, quedaría mitigado por cuanto el meridiano escogido, «una vez adoptado por todos, pierde su nombre y nacionalidad específicos, y deviene simplemente en el Primer Meridiano» (*Protocols*, p. 41).

Volviendo a los criterios a seguir para su elección definitiva, los ingleses incidían en que,

«desde un punto de vista puramente científico, cualquier meridiano puede ser tomado como el primer meridiano. Pero desde el punto de vista de la conveniencia y economía [...] debería pasar a través de algún observatorio nacional consolidado» que, además, «debería estar en comunicación telegráfica con el mundo entero»³⁶⁶.

Es decir, estaríamos ante un pragmatismo, no tanto encaminado a resolver problemas cuanto para minimizarlos. A ello le añadimos que, para garantizar la hipotética neutralidad, a favor de Greenwich se esgrimía que fue una propuesta inicialmente lanzada y defendida por los anfitriones, los norteamericanos, cuando ellos mismos, por razones de ese mismo orgullo nacional, podrían haber defendido la idoneidad de Washington, una de las sedes que habían pasado el primer corte.

6.3. La resolución de la contienda dialéctica: una encerrona alevosa y premeditada.

En medio de estas discusiones, con los franceses abogando por la total neutralidad, e ingleses y americanos arguyendo que no había neutralidad posible, emergió la figura de Sandford Fleming, cuya aportación resultaría decisiva. Posiblemente, de los allí presentes, la suya era una de las voces más autorizadas³⁶⁷: Fleming reconocía que un meridiano neutral, aunque «excelente en la teoría», quedaba «más allá del dominio de lo practicable» (*Protocols*, pp. 76-77): el mundo contemplaba, según los datos que manejaba, al menos

³⁶⁶ *Protocols*, p. 39.

³⁶⁷ En *Terrestrial Time* (London, 1876), Fleming sugirió un sistema de franjas horarias similar al que Dowd propuso para su uso con propósitos domésticos, pero esta vez para los trenes, telégrafos, ciencias, etc. En 1878-79 impartió dos conferencias; en la segunda de ellas, abogó por un meridiano a 180° de Greenwich, coincidiendo con el meridiano básico usado para el *International Date Line*.

once meridianos iniciales, y un meridiano absolutamente neutral implicaría añadir otro más a la lista. Acto seguido, leyó en voz alta una tabla que mostraba el número y el tonelaje de los navíos que usaban los diferentes meridianos en liza:

INITIAL MERIDIANS.	SHIPS OF ALL KINDS.		PER CENT.	
	Number.	Tonnage.	Ships.	Tonnage.
Greenwich.....	37,663	14,600,972	65	72
Paris.....	5,914	1,735,083	10	8
Cádiz.....	2,468	666,602	5	3
Naples.....	2,263	715,448	4	4
Christiania.....	2,128	695,988	4	3
Ferro.....	1,497	567,682	2	3
Pulkova.....	987	298,641	1½	1½
Stockholm.....	717	154,180	1½	1
Lisbon.....	491	164,000	1	1
Copenhagen.....	435	81,888	1	½
Río de Janeiro.....	253	97,040	½	½
Miscellaneous.....	2,881	534,569	4½	2½
Total.....	57,697	20,312,093	100	100

[Tabla aportada por Sir Sandford Fleming, en *Protocols*, p. 77.]

La tabla mostraba que el 65% del total de buques, que movían un volumen del 72% del comercio, se regía por el meridiano de Greenwich, mientras que el restante 28% se lo repartían una decena de meridianos³⁶⁸. Pero, dado que Greenwich podía ser considerado como un meridiano *nacional*, Fleming proponía adoptar como «punto cero de longitud y tiempo, el meridiano más alejado de Greenwich», es decir, su anti-meridiano (*Protocols*, p. 77). Las ventajas, a su juicio, eran obvias: en primer lugar, no requería construir otro observatorio; tampoco se verían afectadas en demasía las cartas ni las tablas náuticas; ni, por supuesto, cruzaría ninguna región densamente poblada; y, a su vez, el meridiano perdería su carácter nacional. Esta última característica era, cuanto menos, cuestionable: al fin y al cabo, un anti-meridiano situado justo en el lado opuesto, lejos de ser precisamente *neutral*, en realidad *disfrazaba* el meridiano que partía como gran favorito. Los franceses contraatacaron de un modo contundente, aduciendo en su defensa que:

«el único mérito del meridiano de Greenwich [...] es que en torno a él se

³⁶⁸ Resulta curioso comprobar que tanto Berlín como Washington no figuraban en un apartado distinto dentro de esta relación. Posiblemente engrosaran parte del 2'5% del total que se agrupa en la *miscelánea*. España y Dinamarca eran los únicos países que albergaban más de una sede del meridiano dentro de las diez primeras en esta peculiar clasificación.

agrupan intereses que hay que respetar [...] si sopesamos estas razones –las únicas que se han aducido, las únicas que militan en favor del meridiano de Greenwich – ¿no es evidente que estas superioridades materiales, estas preponderancias comerciales, van a influir en su elección? La ciencia aparece aquí como la humilde vasalla de los poderes de hoy para consagrar y coronar sus éxitos. Pero, caballeros, nada es tan transitorio y fugaz como el poder y las riquezas [...]»³⁶⁹.

Esta última sentencia, que bien parece bíblica, muestra, si no una fe en una ciencia trascendente, pura, verdadera, regida por criterios internos, sí en la retórica *oficial* que suele acompañarla. El libre juego de fuerzas se decantó finalmente por Greenwich tras la intervención de William Thompson, quien, de un modo lapidario, sentenció lo siguiente:

«No puede decirse que un meridiano sea más científico que otro, pero sí puede decirse que un meridiano es más conveniente para propósitos prácticos que otro, y creo que esto se puede decir, especialmente, del meridiano de Greenwich»³⁷⁰.

Por medio de la Resolución II, el Congreso había propuesto «la adopción del meridiano que atraviesa el centro del instrumento que marca los tránsitos en el Observatorio de Greenwich como el meridiano inicial para la longitud» (*Protocols*, p. 98)³⁷¹. Se habían necesitado dos sesiones para que, finalmente, esta medida fuera aprobada con 22 votos a favor, uno en contra (Santo Domingo) y dos abstenciones (Francia y Brasil), el 13 de octubre, durante el transcurso de la cuarta sesión. El Acta Final, leída por el Conde Lewenhaupt, delegado de Suecia, está fechada el 22 de octubre de 1884, y es ésta la fecha en la que se proclama oficialmente el meridiano de Greenwich. De este modo, aunque el argumento de Fleming inicialmente no prosperase, sí que lo hicieron, en cambio, los datos que había aportado.

Como se puede presumir, el planteamiento era claro: se había elegido un comité que, bajo la venerable retórica de la *universalidad*, había acordado prescindir de la gran mayoría de los agentes sociales que se iban a ver afectados por la medida. Un vistazo a la estadística da idea de que el resultado final estaba condicionado de antemano, en virtud del caldo de cultivo que se había gestado: el propio sistema de votación, marcadamente democrático *con restricciones*: sólo estaban invitados los países que mantenían buenas relaciones con los EE.UU., y la gran mayoría de ellos en calidad de *convidados de piedra*;

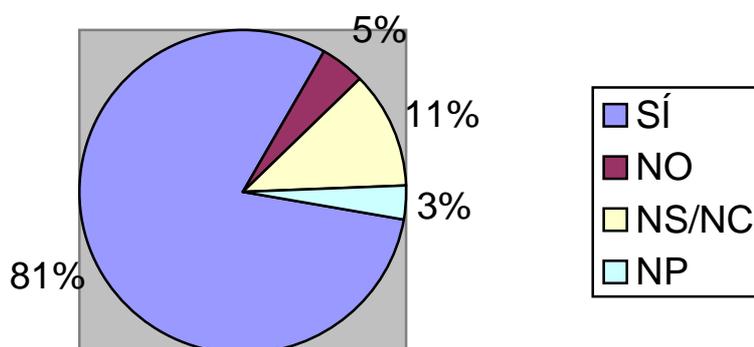
³⁶⁹ *Protocols*, p. 92.

³⁷⁰ *Protocols*, p. 94.

³⁷¹ En 1984, conmemorando el centenario de la elección de Greenwich como sede del espacio y del tiempo, representantes de los países que se pronunciaron favorablemente plantaron las llamadas Rosas de la Casa del Tiempo.

las adopciones previas por parte de instituciones influyentes como las compañías ferroviarias de un sistema basado en un meridiano determinado; el cómo, bajo los presupuestos de simplicidad y economía, se perpetúa una decisión que, en su origen, poco debía a presupuestos clásicos de objetividad, neutralidad, imparcialidad...

De los 26 países invitados inicialmente, 25 enviaron delegados. Por continentes, éstos estaban distribuidos del siguiente modo: 12 correspondían a América, 11 pertenecían a Europa³⁷², y tanto Asia como África contaban con un único representante (Japón y Liberia, respectivamente). De ellos, un total de 10 países, que representaba un 40% del total de los asistentes, secundaron las siete propuestas en su totalidad: éstos eran el representante asiático, dos europeos (Gran Bretaña y Rusia) y siete provenientes del Continente Americano. Traduciendo gráficamente el cómputo de los votos tomados individualmente, la cuestión quedaría del siguiente modo:



[Representado gráficamente, el recuento total de respuestas refleja que la diferencia en cuanto a porcentajes entre el «sí» a todas y cada una de las propuestas frente al resto de opciones es abrumadoramente mayoritaria, en particular si lo confrontamos con el «no». Esto indica que el Congreso estaba claramente condicionado desde el principio a producir los resultados esperados].

³⁷² Dinamarca, en caso de haber accedido a la invitación, habría hecho el número 12 y se hubiera mantenido la paridad entre los llamados «grandes continentes», según se refería a ellos en algunos momentos de la discusión.

6.4. El papel de España dentro del G- 25 decimonónico.

Finalmente, y como mera curiosidad, hemos querido resaltar el papel de España en el Congreso del Meridiano, no sólo por una cuestión de interés patrio, sino también porque nos parecía interesante contraponer su posición en el concierto internacional en un momento en el que había perdido peso en la balanza de las superpotencias. En un principio, cabría valorar la participación de la delegación española como relativamente activa, aunque sin llegar a resultar decisiva. España fue de aquellos países que cubrieron el cupo máximo de delegados –un total de tres: D. Juan Valera y Alcalá-Galiano³⁷³, en calidad de Ministro plenipotenciario, D. Juan Pastorín y Vacher, oficial de la Armada y que vendría a ser, salvando las distancias, el *Sandford Fleming* de España³⁷⁴, y D. Emilio Ruiz del Árbol, Agregado Naval de la Legación Española. Teniendo en cuenta que los debates principales corrieron a cargo de los franceses y los angloamericanos, España podría liderar ese grupo de países que se mantuvieron en un relativo segundo plano y que, pese a mostrarse bastante activos en lo relativo a las cuestiones protocolarias, se solidarizaron de entrada con las tesis angloamericanas en lo tocante a las cuestiones más decisivas³⁷⁵. La postura española se resume en las siguientes palabras pronunciadas por D. Juan Valera, el único de los delegados que era intrínsecamente político:

«El Gobierno al cual represento me ha comunicado aceptar el meridiano de Greenwich como el meridiano internacional para las longitudes, pero creo que es mi obligación decir, aunque la cuestión no quepa en este debate, que España acepta esto con la esperanza de que Inglaterra y los Estados Unidos acepten por su parte el sistema métrico»³⁷⁶.

No había peor modo de desautorizar el aval histórico que había tenido, hasta ese

³⁷³ Escritor y diplomático español, Juan Valera (1824- 1905) había sido destinado a Washington como Ministro a finales de 1883. En la Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes se puede acceder libremente a una notable documentación de este personaje, en la siguiente dirección electrónica:

<http://www.cervantesvirtual.com/FichaAutor.html?Ref=34>.

³⁷⁴ Juan Pastorín había adaptado y traducido el célebre informe de Fleming de 1879, cuya referencia es la siguiente: J. Pastorín, ed., *Cuenta del tiempo cosmopolita y primer meridiano universal, adaptado libremente al castellano por el Comandante de Navío D. Juan Pastorín* (Madrid, 1881). Con posterioridad al Congreso, fue autor de una *Memoria sobre el Congreso Internacional de Washington* (Madrid, 1885).

³⁷⁵ De hecho, los emisarios españoles sólo se opusieron a las Resoluciones III y V, relativas, respectivamente, al recuento de la longitud en ambos sentidos –este y oeste- desde 0° hasta 180°, y la consideración del día solar medio como “día universal” que debía comenzar en la medianoche del meridiano de Greenwich. Lo cual parece poco teniendo en cuenta la tradición marítima de España y la consiguiente multiplicidad de primeros meridianos que llegó a albergar.

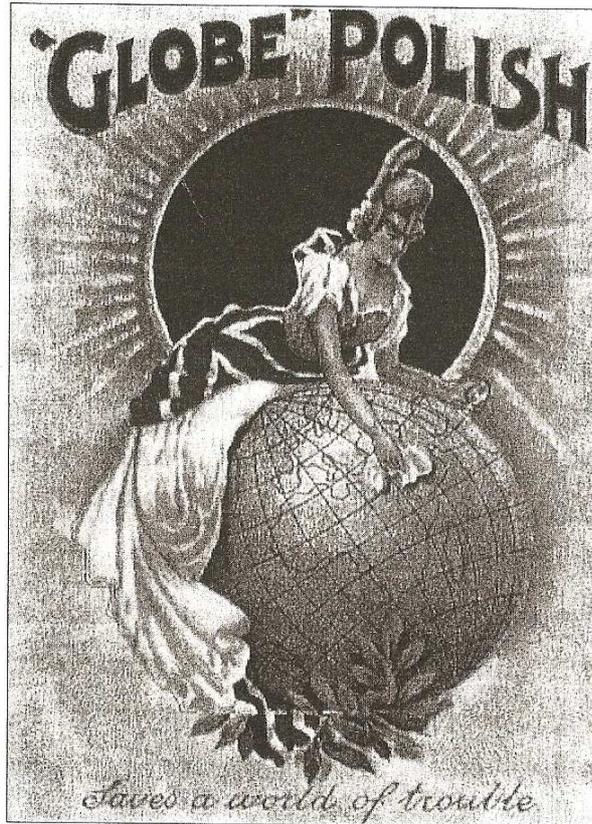
³⁷⁶ *Protocols*, p. 88. El sistema métrico se había adoptado a raíz de la *Convention du Mètre*, celebrada en París el 20 de mayo de 1875. Se articularon tres organismos encaminados a supervisar el mantenimiento de los estándares métricos. Más información en la página web de la Oficina Internacional de Pesos y Medidas [www.bipm.org/en/convention].

momento, algunos emplazamientos españoles, como el Hierro o Cádiz³⁷⁷. Probablemente, esto era un fiel reflejo de la progresiva decadencia en la que España se hallaba sumida desde los últimos años del reinado de Felipe II, y que próximamente le llevaría a perder las colonias de Cuba y Filipinas en 1898.

6.5. Balance del Congreso.

Durante el transcurso del Congreso únicamente Gran Bretaña, Estados Unidos y Canadá se regían por el meridiano de Greenwich. En este Congreso, en teoría, únicamente se recomendaba su adopción para el resto del mundo. Por tanto, la decisión adoptada tendría que ser una mera sugerencia para los respectivos gobiernos aunque, con el paso del tiempo, la referencia al meridiano de Greenwich se ha ido estandarizado paulatinamente: Italia y Alemania, al igual que Austria-Hungría, lo hicieron en 1893; España, en 1901; Francia, en 1911, aunque algunas de sus colonias de ultramar lo hicieron el año siguiente. Especialmente llamativos resultan los casos de aquellos *países-comparsa* mencionados anteriormente, los cuales, pese al apoyo incondicional prestado a la facción angloamericana, se adhirieron bastante tarde al nuevo sistema: Hawai lo hizo en 1912; Paraguay, en 1931; y Liberia, en 1972 (Howse [1997] 1998, pp. 148- 149). Al estandarizar el conocimiento cartográfico y, consecuentemente, eliminar la percepción de que los criterios por lo que se rige son aleatorios y, por ello, estrechamente dependiente de veleidades retóricas y políticas, situar un primer meridiano «para todas las naciones» en Greenwich permitió la consagración del Imperio británico como el centro del mundo (Piper 2002, p. 25). Por tanto, bajo la aparente *neutralidad*, el caso es que la adopción del meridiano de Greenwich supone, especialmente, el triunfo del imperialismo científico victoriano.

³⁷⁷ Cabría esperar que los españoles se decantaran, en un principio, por el meridiano de San Fernando (Cádiz), si nos guiamos por el *Curso de Astronomía Náutica y Navegación* (Cádiz, 1880) de D. Francisco Fdez. Fontecha, un manual de considerable difusión que admitía que era el utilizado en el *Almanaque Náutico* y las Cartas hidrográficas, a pesar de que el de El Hierro, según la tabla de Fleming, era de mayor relevancia.



[Imagen de un pulimento para la plata (ca. 1895) procedente de la *Robert Opie Collection of British Nostalgia and Advertisements Memorabilia*. Es éste un ejemplo claro del uso de Britania para enfatizar la superioridad de los productos ingleses sobre los producidos en otro lugar; en esa ilustración Britania «salva un mundo de problemas» al dar lustre a un mundo contenido en una red cartográfica de meridianos y paralelos].

En resumidas cuentas, un meridiano universal ubicado en Greenwich sería la consecuencia esperada de la preeminencia británica como potencia colonial, combinada con su poder marítimo y el desarrollo de una tecnología, no sólo militar, en concordancia con esta preeminencia. Esta tecnología incluiría los sistemas de transporte, a raíz del desarrollo de la máquina de vapor; la enorme tradición existente de cronómetros y relojes, pionera en su uso marítimo; la comunicación telegráfica, etc.

Clausuradas en parte las dos problemáticas iniciales a partir del núcleo conformado por la filosofía magnética de Gilbert, el auge y caída de su propuesta, así como el cierre de la búsqueda de una solución al problema de la longitud, conviene hacer recapitulación de los visto hasta este momento, a modo de conclusiones.

RECAPITULACIÓN Y CONCLUSIONES:

Notas para una apología de los teatros de máquinas

«Sin embargo, vistos los motivos por los que ensalzan tu ocupación, ¿con qué fundamento razonable despreciarías al constructor de máquinas y a los otros de los que hablaba ahora?»

[Platón, *Gorgias*, 511c].

Nuestro objetivo pasa ahora, de alguna manera, por *salvar los fenómenos*, entendido al modo clásico, esto es, introducir un principio ordenador que aporte un criterio que fundamente la idoneidad de la heterogeneidad de los datos recogidos en nuestro trabajo. Como todo trabajo de investigación de estas características, posiblemente encontremos varias tesis dentro de ella, cuyos efectos posiblemente afecten a determinados niveles del discurso. Para empezar, nuestro estudio ha florecido sobre el caldo de cultivo de los enfoques microsociales. El estudio de caso planteado puede catalogarse como un *híbrido*, un producto transgénico entre la narración histórica y la especulación teórica. Queda por definir si se trata de un caso histórico filosóficamente explicado, o bien un ejercicio filosófico históricamente fundamentado.

Seguidamente, en un estadio intermedio entre un marco general sobre cómo proceder y la concreción efectiva de nuestro centro de interés, hemos decidido articular nuestra sinopsis argumental en base al concepto de *transformación*. Nos hemos apropiado de esta metáfora con independencia de su sentido original, bien fuese de origen industrial, en relación a los procesos de manufactura, o bien hallase su origen en su aplicación a la formulación matemática. Nuestra concepción ha pretendido ir más allá, y hemos pretendido extender su aplicación en un sentido más general al hablar de *transformación*, no sólo de conceptos, de teorías, de instrumentos... sino también de *problemas*, al entender que éstos quizás no se clausuren definitivamente, sino que su propio desarrollo matiza un criterio pragmático *químicamente puro* de abandono una vez se logren resolver aunque sólo sea parcialmente. Las variables que influyen en este proceso pueden ser tan dispares como aleatorias: al clásico *filtro teórico* que confiere sentido a la masa *in-forme* de datos, podemos añadir claves contextuales como los valores e intereses de los diferentes grupos sociales en liza.

En un tercer nivel, entraríamos de lleno en el estudio de caso concreto que hemos estudiado, que ha girado en torno a la solución derivada de los estudios magnéticos de

William Gilbert para acometer un problema de índole práctica, el de la búsqueda de la longitud e, indirectamente, la ubicación de un primer meridiano de referencia. A lo largo de estas páginas hemos defendido que Gilbert afrontó el problema del magnetismo posiblemente como resultado de su formación inicial como médico, con una doble motivación:

La primera de ellas, pretender destronar esa asociación entre Aristóteles y Ptolomeo que tanto rendimiento había dado en casi dos milenios de existencia. El propio trabajo teórico de Gilbert, se conciba o no como *revolucionario*, es un compendio de las herramientas conceptuales que tenía a mano. Y así surgen los nombres de Aristóteles, Teofrasto, Ptolomeo, Hipócrates y Galeno... De este modo, articula una nueva *síntesis*, otra más, entre el aristotelismo hasta entonces reinante, y el vocabulario hermético que se recluía en *ghettos* alternativos de cierta importancia. El haber promocionado a la tierra como elemento *verdadero* frente a los restantes supuso un nuevo problema que debía acometer: una nueva teoría de la materia que difuminara la frontera entre las regiones sublunar y supralunar, y revelar, con ello, el carácter innecesario del primer motor inmóvil.

La segunda de las motivaciones que subyacen a la publicación del *De Magnete*, a nuestro juicio, está emparentada con la segunda corriente de problemas. Aquí nuestro trabajo de investigación historiográfica alcanza su culminación. Nuevamente apelará Gilbert a establecer alianzas, esta vez con personajes como Francis Drake, Henry Cavendish, los Cabot, John Dee, Thomas Digges, Gerard Mercator, Simon Stevin... y, muy especialmente, Richard Hakluyt y Edward Wright. Especialmente íntima es su conexión con este último, hasta el punto de llevarnos a defender la complementariedad del *Certaine Errors* de Wright y el *De Magnete* de Gilbert, en la medida en que ambos tratados articulaban una solución conjunta a los problemas que tradicionalmente aquejaban al arte de la navegación. En este contexto, hemos concluido que el *De Magnete*, pese a su condición de tratado *científico*, tenía un objetivo claramente ideológico: el *De Magnete* aspiraba a ser el correlato científico del nuevo orden político que estaba comenzando a gestarse, especialmente a partir de la sonora victoria de los ingleses sobre la Gran Armada de Felipe II.

Para justificar esta controvertida aseveración, hemos emprendido un doble camino. El primero de ellos se guió mediante el análisis de las referencias directas sobre los que él estimaba sus aliados, así como a sus antagonistas. Hemos comprobado la enorme diferencia entre el modo en que refiere a unos y a otros, pese a que el impacto y la repercusión de sus contribuciones fuesen similares. En esta comparación, los que salen peor parados son los navegantes extranjeros, especialmente si su procedencia era ibérica.

En segundo lugar, con un breve estudio del clima político e intelectual de la época, a través de una red de personajes que convergían en un interés determinado: la consolidación de Inglaterra como potencia colonial. Personajes que, a su vez, no eran ajenos al entorno en el que se movía nuestro protagonista. En este sentido, especialmente fuerte es el vínculo con su amigo y estrecho colaborador Edward Wright, el cual no sólo le proporcionó *desinteresadamente* información de índole técnica, sino que, como buen matemático, participaba de una visión de su disciplina al servicio de la causa colonial, hecho que se reflejaba incluso en la propia concepción que tenían de la disciplina, articulada en torno a tres supuestos básicos compartidos: un *tesoro* oculto, una serie de *obstáculos* que dificultaban su logro, y el descubrimiento de unos *pasadizos* que permitían acceder hasta dicho tesoro. Esta imagen también se ve reflejada en el propio trabajo filosófico de Gilbert, lo que nos ha llevado a pensar que, pese a su carácter bifronte, las perspectivas teóricas y prácticas del *De Magnete* no representaban las dos caras de una misma moneda, sino que se conectaban a través de bisagras como éstas.

En conexión con todo esto, la lectura de la obra de Gilbert nos ha llevado finalmente a postular un vínculo entre el tipo de interacción establecida entre los cuerpos naturales y las diferentes políticas coloniales practicadas tanto por ingleses y españoles, dentro de las coordenadas teóricas de Gilbert: la *commonwealth* proyectada por los primeros hallaría su correlato en la sutil y divina interacción magnética, mientras que la denostada atracción magnética, por tiránica y débil, se asociaría a la política de sometimiento, dominación y conquista practicada por los españoles en los territorios de ultramar.

Cerramos nuestro trabajo con un último capítulo en el que se recoge, por un lado, la pérdida de hegemonía de la filosofía magnética, contestada desde muchos frentes, teóricos

y prácticos, frente a los intentos por preservarla. Durante un cierto periodo, Gilbert dejó de ser el reclutador de aliados, convirtiéndose en el *aliado* que muchos querían tener en sus filas, como Kepler y Galileo, especialmente tras haber sido llamado a la Corte, a pesar de que su estancia allí no se hubiera prolongado mucho por causas *naturales*, falleciendo probablemente como *efecto perverso* del imperio marítimo que contribuyó a fundamentar. Con su muerte, y el paulatino descrédito incluso de la solución basada en el magnetismo terrestre para hallar la longitud, continuamos detallando cómo se desarrolla el problema de la longitud hasta que éste se soluciona, en un doble sentido: tanto desde el punto de vista técnico, con la esperanza de que es posible, y con el cierre de la controversia en torno a la elección de un primer meridiano.

Incluso aunque las *terrellae* y los *versoria* hubiesen perdido protagonismo durante este proceso, las nuevas alternativas ensayadas se basaron igualmente en instrumentos: las soluciones astronómicas se articulaban sobre un *actante* que había empezado no hace mucho a emerger, el telescopio, el cual se asociaría con otros elementos de acreditada solvencia en la era pretelescópica: los astrolabios y sus derivados, hasta llegar a su *transformación* definitiva con el sextante. Y, por el otro, un artilugio mecánico autosuficiente que, sin embargo, necesitaba de tablas astronómicas y del concurso de los otros para certificar su validez: el cronómetro marino. Cada uno era un elemento central en una red que aglutinaba elementos tan heterogéneos como observatorios, barcos, monarcas, notables de la corte, científicos profesionales y diletantes, oportunistas y aprendices, artesanos de los más variados oficios y sacerdotes, desastres navales, reinas y cortesanas, manuscritos y edictos reales... el Mercator que Wright había rescatado del olvido se había convertido en una autoridad indiscutible y consolidada para trazar las cartas de navegación. La brújula, por su parte, había perdido cierta cuota de protagonismo, aunque aún mantenía un papel destacado dentro del elenco como un secundario de lujo. Simplemente, se la daba por supuesta. Y Gilbert pasaba a ser un sabio doctor que necesitaba de portavoces en los siglos XVIII y XIX para que no cayera en el ostracismo, y para ello hacen una crónica parcialmente interesada de su contribución en el ámbito de los fenómenos electromagnéticos. Además, el Universo en el que se residía había perdido las características distintivas de la época isabelina, especialmente a raíz de la gran síntesis newtoniana. Y, con el establecimiento de Greenwich como sede del primer meridiano, culmina de forma simbólica el sueño compartido por la reina Isabel I de Inglaterra, y

también por Gilbert, de constituir a Inglaterra como centro imperial del mundo.

Al margen de las negociaciones presentes en el quehacer científico, como subrayan los destacados trabajos en el dominio de la etnometodología de la ciencia, hemos anunciado desde un principio la importancia de una tener en cuenta una *concepción materialista* del conocimiento. En este sentido, los productos materiales son portadores de conocimiento, y no se restringen únicamente a ser meras creencias, o simples registros lingüísticos, meras proposiciones cuya *resistencia* a su falsación se establece en función de articulaciones posteriores. Consideramos, por ello, que los instrumentos tienen voz propia, y son capaces de *marcar* el desarrollo de la ciencia, a priori, en cualquier sentido, proporcionando en la mayoría de casos una especie de balizas o campamentos-base sobre los que no cabe vuelta atrás. Es precisamente el producto de nuestra manufactura lo que nos permite conocer la agencia *material*, garantizándonos un cierto conocimiento *objetivo*. Y en sus sucesivos desarrollos puede hablarse de incluso de cierto *progreso*; frente a unas perspectivas históricas y filosóficas estrictamente teóricas, el universo material sí permite un desarrollo *acumulativo* de técnicas e instrumentos. Al margen de que funcionen, la sustitución de los instrumentos tiene más que ver, generalmente, con criterios pragmáticos de acción efectiva, imponiéndose criterios como rentabilidad, eficacia, precisión, alcance, adecuación, aplicabilidad...

Por otro lado, los instrumentos de uso científico tienen una función epistemológica que difícilmente puede ser cuestionada a estas alturas, como ponen de manifiesto los influyentes trabajos de Hacking 1983 y Baird 2004, por citar sólo unos pocos ejemplos. Precisamente debido a que el espectro de productos materiales es tan variado, y por ello difícil de acotar, cabe hablar de *epistemologías múltiples* (Baird 2004, p. 5), en la medida en que cada instrumento, pese a que puede ser potencialmente incluido en cualquiera de las categorías reconocidas por cualquier tipología general de los mismos, es susceptible de presentar una relación particular con la *episteme*: los hay que son expresión de una cosmovisión concreta, así como otros que ayudan a potenciarla; los hay que incorporan el conocimiento implicado en el proceso de elaboración y manufactura, mientras que existen otros que son capaces de generar aún más conocimiento; los hay que son filosóficamente *neutrales*, mientras que otros ponen sobre el tapete cuestiones en discusión...

En el caso concreto que hemos analizado resulta interesante observar, en primer lugar, cómo dos procesos completamente diferentes, el magnetismo y la navegación, acaban confluyendo y combinándose. El primero de ellos tiene que ver con el extraño comportamiento de ciertos objetos *metálicos* y se mueve dentro del terreno de los fenómenos sorprendentes y casi mágicos. En cierto modo, esta cuestión forma parte del problema general de las fuerzas de la naturaleza y podría decirse que es un problema casi filosófico estrechamente relacionado con cuestiones como la manipulación de la naturaleza, la observación y la especulación.

El problema de la orientación y la determinación de la longitud, por su parte, es un problema esencialmente práctico que forma parte de un problema más general: el de la localización geográfica y, si se quiere, la cartografía. En este sentido, además de su naturaleza fundamentalmente práctica, requiere precisión e incluye un importante componente matemático y astronómico. Además, lo que lo convierte en un problema especialmente relevante, lo que hace acuciante la necesidad de darle una solución efectiva y eficaz, es su conexión directa con factores externos que no se consideran estrictamente *científicos*, sino comerciales, económicos y políticos, especialmente a raíz de la era de las grandes expansiones marítimas. A diferencia de este último caso, el magnetismo está mucho más relacionado con la filosofía natural en el sentido aristotélico, con la alquimia o la medicina astrológica. Y, como es obvio, los factores externos con los que se relaciona son más filosófico-religiosos o culturales que económicos o políticos.

Puede decirse que las diferentes disciplinas científicas griegas y helenísticas se articulan en torno a dos estilos de pensamiento diferentes o dos modelos básicos distintos: el primero de ellos está representado por las matemáticas y la aplicación de recursos matemáticos para dar cuenta de ciertos fenómenos naturales o para resolver problemas prácticos; el otro, sin embargo, está representado por la medicina, y está por ello más relacionado con la observación y con la búsqueda de grandes principios unificadores de la naturaleza (Kuhn [1977] 1993, pp. 60-77). Cada uno de estos estilos se encuentra ejemplificado en uno de los dos problemas señalados al principio, y la combinación de ambos ejemplifica la confluencia de estilos que sería característica de la ciencia a partir de la llamada *Revolución Científica*. No obstante, quizás lo más interesante es que esta fusión se lleva a cabo mediante un objeto, un aparato, la brújula, que no es más que uno en la

larga cadena de artefactos que jalonaron el desarrollo de la cuestión que nos ha ocupado en este trabajo, desde las proyecciones cartográficas griegas o las piedras mágicas hasta los mapas magnéticos trazados por Halley o los cronómetros, pasando por algunos tan fundamentales como la propia *terrella* y sus derivados. Esto muestra la importancia fundamental de la *historia material* para el estudio del desarrollo del conocimiento científico, e ilustra cómo ese desarrollo es consecuencia de la interacción de diferentes elementos, que no sólo son humanos o teóricos, y que se articulan en redes de apoyo mutuo.

Pero, además, estos elementos no-humanos juegan un papel fundamental desde un punto de vista filosófico por dos razones básicas:

En primer lugar, porque permiten mostrar cómo tiene lugar el proceso de *transformación* de los problemas de una manera más efectiva, precisamente porque estos artefactos conforman puntos de no-retorno, esto es, hitos que marcan los posibles desarrollos posteriores de manera más firme y explícita. Esto se debe a que estos objetos conforman la base empírica y la información disponible, haciendo que ascienda a un nivel cualitativamente superior al que tenían previamente.

En segundo lugar, estos objetos propician un *ascenso empírico* de manera semejante al ascenso semántico del que hablaba Quine 1960. Inicialmente, la base empírica y los problemas a resolver en cualquier proceso científico están constituidos por fenómenos de la experiencia ordinaria obtenidos directamente o con una intermediación mínima. No obstante, cuando aparece alguno de estos aparatos para *resolver* el problema (o para *transformarlo*), reinterpretando los fenómenos y añadiendo nueva información, el aparato y toda la información que genera se convierten en la nueva base empírica. En otras palabras, la base empírica relevante ya no son los fenómenos de la experiencia directamente observados, sino los generados e incorporados en estos aparatos y sólo a través de ellos y, de una forma indirecta, los fenómenos ordinarios. Dado que estos aparatos son productos artificiales y que la información que producen no podía haberse obtenido sin su mediación, la nueva base empírica resultante pertenece a un nivel cualitativamente superior que difícilmente podría haberse alcanzado sin su concurso. A su vez, la explicación de la nueva base empírica, la transformación consiguiente de los problemas y la superación de estos aparatos mediante nuevos aparatos, da lugar a otro ascenso hasta un nivel cualitativamente superior, y así sucesivamente. Esto es lo que

denominamos *ascenso empírico*.

A medida que este proceso tiene lugar, la base empírica va siendo cada vez más *científicamente dependiente*, y los problemas resultantes de las sucesivas transformaciones acaban teniendo poca, si no nula, relación con los problemas originarios. De ahí que estos artefactos se conciban como puntos de no-retorno, hitos que, sin llegar a determinar estrictamente el desarrollo científico posterior, marcan un abanico de posibles desarrollos futuros. Sin embargo, no todos estos aparatos funcionan de la misma manera desde el punto de vista del *ascenso empírico*, sino que es posible distinguir, al menos, dos grandes categorías entre ellos.

Por una parte estarían los que podríamos denominar *aparatos divergentes*, es decir, aquellos en los que la información que generan no afecta a la explicación de su funcionamiento. En estos casos, la forma en que funcionan corresponde a un campo de conocimiento y la información que producen pertenece a otro, y podría decirse incluso que sus resultados no afectan a su funcionamiento, puesto que no aportan información relevante al respecto. Un ejemplo característico es el telescopio, cuyo funcionamiento se explicaría mediante una teoría óptica y, si se quiere, una teoría de la visión, mientras que la información que proporciona tiene un uso astronómico. Este tipo de aparatos dan lugar a ramificaciones porque generan, al menos, dos líneas diferentes de problemas, una relacionada con su funcionamiento y otra a partir de la información que aportan. Y aunque ambas pueden mantener algunas conexiones, son divergentes entre sí en el sentido de que la explicación o solución de los problemas de una de las líneas no tiene por qué afectar a la explicación o solución de los de la otra. Por esa misma razón, el *ascenso empírico* que producen es más gradual, más continuo, y suele conducir a reinterpretaciones o reelaboraciones del conocimiento teórico disponible forzadas por ese doble *ascenso empírico*, por más que las explicaciones teóricas correspondientes puedan ser rupturistas o *revolucionarias*. En el mismo sentido, la explicación, la mejora o la superación, sea del aparato, sea de la información que produce, suele ser más rápida y, hasta cierto punto, más sencilla.

Por otra parte, están los *aparatos convergentes*, es decir, aquellos que producen información que es muy relevante, e incluso necesaria, para explicar satisfactoriamente su

funcionamiento. En este caso, la forma en que el aparato funciona y la información a que da lugar, pertenecen al mismo campo de conocimiento y son mutuamente interdependientes. Estos aparatos son menos frecuentes que los anteriores y tienen una característica reflexiva que los convierte en sistemas de información cerrados: la información obtenida es importante para comprender el funcionamiento del aparato; y, a su vez, comprender el funcionamiento del aparato es fundamental para interpretar correctamente la información resultante. Una característica de estos aparatos es que son *unificadores*, es decir, suelen combinar y unificar problemas que habían seguido procesos diferentes hasta ese momento y que, una vez combinados, se transforman en un problema mucho más complejo y heurísticamente más rico, pero también mucho más difícil de explicar. Eso hace que el *ascenso empírico* que producen sea mucho mayor pasando a un nivel cualitativamente superior y claramente diferenciado del nivel anterior, lo que los convierte en hitos fundamentales y puntos de no-retorno irreversibles, otorgándoles ese aspecto discontinuo y rupturista que les acompaña. La interdependencia mutua entre el funcionamiento del aparato y los resultados, su naturaleza cerrada, hace que no baste con una reinterpretación del conocimiento disponible, sino que sea necesario crear explicaciones radicalmente nuevas, con frecuencia relacionadas con la aparición de nuevos aparatos más complejos que dan lugar a nuevos *ascensos empíricos*. Por eso, la explicación, la mejora o la superación de los aparatos de este tipo es ardua, difícil y, sobre todo, lenta, además de muy dependiente de factores contextuales y externos no estrictamente científicos. Ése es el caso de la brújula y, aún en mayor medida, de la *terrella*, ambos aparatos convergentes. Precisamente eso permite explicar que transcurrieran casi trescientos años entre la brújula y la explicación de su funcionamiento mediante la *terrella*, y otros doscientos años entre ésta y la explicación de su funcionamiento mediante los experimentos magnéticos de Faraday y la teoría consiguiente. Igualmente, permite comprender el importante papel jugado por los factores externos en todo este lento y largo proceso, así como los intentos de Gilbert de desarrollar la filosofía magnética y su consiguiente fracaso.

No obstante, hay un segundo factor correspondiente también a la historia material que ayuda a explicar todo ese proceso, y que deviene fundamental en el trabajo de Gilbert. Y que está relacionado con las recientes consideraciones de los aparatos como *conocimiento reificado*, como conocimiento hecho materia. Al fin y al cabo, los

instrumentos y aparatos científicos no son sólo medios para conseguir conocimiento, sino que lo incorporan, lo *realizan* en un sentido más fuerte que las representaciones teóricas abstractas, bien porque son aplicaciones derivadas de teorías, o bien porque contienen y aportan información muy relevante desde un punto de vista cognitivo. Una prueba evidente de esa potencia reificadora del conocimiento que tienen los aparatos es el *ascenso empírico* del que hemos hablado antes. Sin embargo, también aquí es necesario hacer algunas matizaciones y distinciones, pues es posible distinguir al menos tres tipos de aparatos:

En primer lugar, artefactos que no derivan directamente de conocimiento teórico, pero que son depósitos de información de gran relevancia, lo que los convierte en motores heurísticos de primer orden porque obligan a buscar una explicación teórica de sus resultados y de su funcionamiento. Originariamente, estos aparatos pueden derivar de conocimientos técnicos o artesanales, de procesos de ensayo y error, de especulaciones más o menos acertadas, o de otras fuentes diversas, pero la urgencia por comprender y explicar su funcionamiento así como de la información que proporcionan, acaba subsumiéndolos dentro de redes y marcos teóricos pasando a convertirse en artefactos del segundo tipo. Un ejemplo característico de este tipo sería el telescopio galileano; y otro, la misma brújula.

En el caso que nos ocupa, si únicamente observáramos el caprichoso comportamiento de las piedras, la evidencia histórica muestra que sólo podríamos especular sobre las causas de esta fuerza magnética, bien aludiendo a un intercambio de simpatías, bien a un movimiento de partículas materiales elementales de un cuerpo a otro. Con la brújula, en cambio, podemos aventurarnos a encontrar el origen de esta fuerza magnética, y podemos postular rocas, montañas o islas magnéticas, mirar hacia el cielo, o hacia la tierra...y poder concluir finalmente que en ésta cabe hallar su origen. Sin la brújula, podemos representar con ciertas garantías nuestro entorno circundante y, más allá de él, imaginar hiperbóreos y demás criaturas de ficción, o también parásitos que mueren achicharrados al cruzar la *zona tórrida*, y ni siquiera tener idea de qué género de dificultades se van a encontrar los temibles espartanos para llegar hasta nosotros, ni cuánto tardarían. Con la brújula, en cambio, tendremos portulanos que nos indican aproximadamente qué rumbo seguir, y nos permiten aventurarnos por el Atlántico para descubrir que serán las tempestades y el escorbuto males mucho más terribles que los

dragones y los basiliscos.

En segundo lugar, cabría hablar de *instrumentos contenedores de conocimiento en sentido estricto derivados directamente a partir de conocimiento teórico disponible*. Estos instrumentos representan el prototipo de conocimiento reificado y suelen funcionar como aplicaciones privilegiadas y especialmente contundentes de las teorías a partir de las cuales se desarrollan. Su efectividad y eficacia en la producción de nueva información, sea en el campo de conocimiento del que procede el instrumento, sea en otro diferente, es lo que justifica su contenido cognitivo y heurístico, y lo convierte en una continuación de la teoría por otros medios. Los relojes de péndulo compuesto de Huygens o la Carta de Mercator son ejemplos de este tipo de instrumentos, aunque en el segundo caso en sentido amplio. El telescopio kepleriano desarrollado a partir de los estudios de óptica y de la teoría de la visión de Kepler es un ejemplo aún más ilustrativo y muestra, además, cómo se produce la transición de un artefacto del tipo 1 (el telescopio galileano) a un instrumento del tipo 2.

En ambos casos, el conocimiento que reifican es conocimiento acerca del mundo, y su capacidad para manipular entidades supuestas (o hipotéticas) con el fin de conseguir nueva información (o descubrir nuevos efectos) acaba confiriendo carta de naturaleza y estatus de realidad a las entidades manipuladas y sus propiedades. En eso consiste en última instancia el *ascenso empírico* y eso es, precisamente, lo que los convierte en marcas o hitos de no-retorno.

Pero, junto a ellos, hay un tercer tipo de aparatos mucho menos frecuente, pero dotados de un interés filosófico mucho más fundamental. Y son aparatos que, aun siendo también depósitos de conocimiento (o información) como los anteriores, añaden una nueva característica especial: la de *incorporar nuevos métodos de investigación*. En este sentido, estos aparatos incorporan nuevos principios metodológicos que son consustanciales a su funcionamiento, por lo que no sólo son conocimiento reificado, sino también *metodología reificada*, y eso les confiere un estatus aún más fundamental. Al igual que los anteriores, comparten las virtudes de constituir puntos de no-retorno y propiciar *ascensos empíricos*; pero, además, son también puntos de no-retorno y producen *ascensos metodológicos*. Eso los convierte en aparatos de gran complejidad y difíciles de explicar y superar porque, para explicar satisfactoriamente su funcionamiento y dar cuenta de la nueva base empírica que

generan, no basta con los desarrollos teóricos y explicativos habituales, sino que crean la necesidad de explicar, justificar y *superar* ese contenido metodológico que incorporan. Por eso puede transcurrir mucho tiempo hasta poder dar cuenta de ellos y puede parecer que frenan la línea de investigación. De una parte, estos instrumentos son puntos de no retorno y no pueden obviarse volviendo a una situación anterior; de otra parte, transforman radicalmente los problemas y la forma de tratarlos y, para seguir adelante, es necesario *superar* el aparato no sólo cognitiva, sino también metodológicamente. Es por esta razón que, con frecuencia, se considera a este tipo de aparatos como *prematuros*, en el sentido de que el conocimiento disponible en el momento de su aparición no estaría lo suficientemente maduro para asumirlos.

Precisamente éste es el caso de la *terrella*, y en esa naturaleza especial del aparato residen la gloria y la desgracia de Gilbert. Como hemos visto, la diferencia de la *terrella* con el imán natural estriba, en primer lugar, en el proceso de manufactura que incorpora, condición necesaria para su transformación. Como todo modelo paradigmático, la *terrella* cumplía con las funciones teóricas clásicas: en primer lugar, intentaba dar una explicación de las evidencias conocidas, empezando con los fenómenos de atracción y repulsión magnéticas, así como de su aplicación práctica para la navegación; por otro lado, con su concurso trataba Gilbert de realizar importantes predicciones, como las fluctuaciones del índice de *variatio* en las diferentes latitudes del globo sin necesidad de registrarlas *in situ*; asimismo, su validez y adecuación se confirmaba (o refutaba) en función de otras evidencias posteriores. En tanto que artificio experimental, la *terrella* fue capaz de estimular la investigación en un doble sentido: por un lado, con el paulatino refinamiento en sucesivas versiones, contando además con la posibilidad de asociarse con otros instrumentos; y, por el otro, con el reclutamiento del magnetismo para la causa heliocéntrica y antiaristotélica. Tal fue el poder heurístico de la hipótesis magnética, que guió los numerosos descubrimientos experimentales, los cuales supusieron el inicio de las ciencias eléctrica y magnética. Aún más, Gilbert propuso cubrir la mayoría de los hechos magnéticos conocidos, regularizando incluso fenómenos como la variación de la aguja magnética y la inclinación. Cada uno de los movimientos magnéticos supone, desde el principio rector que guía nuestro trabajo, una traducción del resultado de la confluencia entre teoría y diseño experimental. En efecto, la *terrella* incorpora al menos tres grandes novedades metodológicas que acabarán siendo habituales en la ciencia posterior pero que,

en su caso, resultaron innovadoras y produjeron un *ascenso metodológico* irreversible en la investigación sobre los fenómenos magnéticos:

La primera de estas novedades consistió en la *experimentación*. La *terrella* es un aparato indiscutiblemente experimental, aunque lo es en un sentido claramente diferente al habitual en su época. En concreto, el trabajo experimental no consistía meramente en la manipulación de la naturaleza, algo que ya llevaban haciendo los alquimistas y, en otro orden de cosas, los médicos desde hacía más de mil años. Por el contrario, la *terrella* incorporó el principio de experimentación en sentido estricto, es decir, como reproducción y manipulación controlada y simplificada de los fenómenos naturales en el laboratorio, algo que no se encuentra en ningún aparato anterior y que, con el paso de la Revolución Científica, acabará siendo una característica fundamental, si no la más fundamental, del conocimiento científico.

En consonancia con lo anterior, la segunda novedad viene de la mano de la *idealización*. Los fenómenos se reproducen simplificados, controlados y prescindiendo de factores secundarios intervinientes que, sin embargo, siempre están presentes en los fenómenos naturales. En este sentido, la idealización consiste en la reproducción ordenada de los fenómenos como si tuvieran lugar en condiciones ideales, aislándolos de cualesquiera otros factores y, sobre todo, separándolos de otros fenómenos con los que están relacionados en la naturaleza. Por eso, a esta idealización se la suele llamar también «ficción de aislamiento» y será moneda de uso corriente en la ciencia a medida que se desarrollen los laboratorios, en especial a partir del siglo XVIII, pese a que pueda encontrarse un precedente especulativo y retórico en los experimentos imaginarios medievales. Por ello, la *terrella* representa un punto de transición entre ambos procesos, como también lo son los análisis galileanos, con la importante diferencia de que la *terrella* es ella misma una idealización hecha realidad, una especie de laboratorio en miniatura.

En relación con esto, la *terrella* introduce aún una tercera novedad, que puede identificarse como *simulación*. Ésta es, quizá, la característica más distintiva y sorprendente de la *terrella*, pues no es una mera representación, ni tampoco una simple reproducción de un fenómeno aislado, sino más bien un simulador construido intencionadamente y, lo que es aún más sorprendente, sin basarse en modelos teóricos

previos, por lo que estaría más cerca de la ciencia del siglo XIX que de la del siglo XVII. El simulador sustituye literalmente a los procesos simulados y por ello mismo llega a ser más *real* desde un punto de vista científico. Cualquier efecto o cualquier proceso detectado en la simulación se transfiere automáticamente a la realidad, aunque introduciendo las aproximaciones y modificaciones pertinentes derivadas de la interferencia de fenómenos concretos que no se toman en cuenta en la simulación debido a la idealización y la ficción de aislamiento. Como es obvio, el simulador es mucho más manejable y controlable, lo que hace que, en cierto modo, se inviertan los términos y sean los procesos reales los que acaban pareciendo emulaciones del simulador. Lo sorprendente de la *terrella* es que funcione de esta manera sin estar basada en un modelo teórico previo, que funcione como un laboratorio en miniatura mucho antes de que se desarrollaran los laboratorios como sustitutos de la naturaleza, y que el propio Gilbert fuera consciente de ello y de que los resultados debían afinarse después mediante aproximaciones sucesivas para ajustarlos a las *imperfecciones* de la realidad, como reflejaba su exhaustivo estudio de la variación de la aguja magnética.

En estas circunstancias, no es sorprendente que sus resultados se asumieran inmediatamente, como sucedió con los mapas magnéticos de Halley, y que se construyeran instrumentos secundarios derivados de ella con el fin de atacar problemas prácticos, aunque todos ellos quedaran luego al margen de la corriente científica dominante. Y tampoco es extraño que se buscaran desesperadamente explicaciones especulativas que permitieran una mejor comprensión del funcionamiento de la *terrella* o, cuando menos, su articulación en una concepción del mundo articulada, y eso es lo que intentó Gilbert con su filosofía magnética, aunque también desde otro punto de vista la filosofía mecanicista de Descartes e incluso las insinuaciones de Newton en las «cuestiones» (*Queries*) de la *Óptica*.

Todos estos intentos estaban condenados al fracaso porque intentaron continuar la investigación siguiendo dos líneas de problemas diferentes, como ocurre habitualmente con los aparatos divergentes. Sin embargo, la *terrella* es un aparato convergente, cerrado, cuya explicación y superación requiere que sea tratada globalmente, es decir, mediante el salto a un nivel superior en el que el simulador es la base empírica a explicar. Pero, además, la *terrella* incorpora ese conocimiento metodológico encapsulado por lo que, para

encontrar una explicación satisfactoria, es necesario también asumirlo y superarlo, pasando a un nivel metodológico más alto. Pero eso es algo que no se conseguiría hasta el siglo XIX con los experimentos de laboratorio de Faraday y la consiguiente elaboración de su modelo teórico.

De esta manera concluye el derrotero de nuestra investigación. Lejos de clausurar el discurso sobre Gilbert, lo cual podía suponer un ambicioso afán no exento de ingenuidad, nuestro estudio deja muchas vías de investigación abiertas; entre ellas, una lectura de Gilbert desde una perspectiva de género. Pero también un posible proyecto futuro de investigación, que tendría como centro de interés un exhaustivo análisis de la recepción de la obra de Gilbert en España, poniendo especial cuidado en la dimensión política de la misma.

BIBLIOGRAFÍA

1. FUENTES PRIMARIAS.

- ACOSTA, J. de. *Historia Natural y Moral de las Indias*. Alcina, J. (ed.). Madrid: Dastin, 2002.
- AGUSTÍN. *La ciudad de Dios*. 12ª ed. México: Porrúa, 1994.
- APIANO, P. (1524). *La Cosmografía de Pedro Apiano, corregida y añadida por Gemma Frisio, médico y matemático*. Anvers: Juan Bellerio, 1575. En MANCHO DUQUE, M. J. (dir.); QUIRÓS GARCÍA, M. (coord.) (2005). *La ciencia y la técnica en la época de Cervantes: Textos e imágenes* [Archivo de ordenador]. Salamanca: U. de Salamanca.
- ARISTÓTELES: *Acerca del alma*. Calvo, T. (trad.). 3ª reimp. Madrid: Gredos, 1994.
- ARISTÓTELES. *Acerca de la generación y la corrupción. Tratados breves de historia natural*. La Croce, E; Bernabé, A (trads.). 1ª reimp. Madrid: Gredos, 1998.
- _____. *Acerca del cielo. Meteorológicos*. Candel, M. (trad). Madrid: Gredos: 1996.
- _____. *Física*. Echandía, G. R. de (trad.) Madrid: Gredos, 1985.
- _____. *Metafísica*. Azcárate, P. de (trad.). 17ª reimp. Madrid: Espasa Calpe, 1999.
- _____. *Meteorológicos*. Calvo, J. L. (trad.) Madrid: Alianza, 1996.
- _____. *Tratados de Lógica (Órganon), vol. I: Categorías. Tópicos. Sobre las refutaciones. Sofística*. Candel, M. (trad.) Madrid: Gredos, 1982.
- AYER, A. J. (1959). *El positivismo lógico*. Aldama, L. et al. (trads.). Madrid: F.C.E., 1993.
- BACON, F. (1605). *El avance del saber*. Balseiro, M. L. (trad.). Madrid: Alianza, 1988.
- _____. (1620). *La gran restauración*. Granada, M. A. (trad.). Madrid: Alianza, 1985.
- _____. *Instauratio magna. Novum Organum. Nueva Atlántida*. Larroyo, F. (trad.). 4ª edic. México: Porrúa, 1991.
- _____. *Teoría del cielo*. Elena, A.; Pascual, M. J. (trads.). Madrid: Tecnos, 1989.
- BAIRD, D. “Five Theses on Instrumental Realism”. *Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, vol. 1: contributed papers, (1988), 165- 173.
- _____. “Scientific Instrument Making, Epistemology, and the conflict between Gift and Commodity Economies”. *Society of Philosophy and Technology*, vol. 2, nº 3- 4 (1997), 25- 45.
- _____. “Thing Knowledge –Function and Truth”. *Techné: Journal of the Society for Philosophy and Technology*, vol. 6, nº 2 (Mar, 2002), 13- 27.

_____ (2004). *Thing Knowledge: a philosophy of scientific instruments*. Berkeley, California: University of California Press.

BAIRD, D.; FAUST, T. "Scientific Instruments, Scientific Progress and the Cyclotron". *The British Journal for the Philosophy of Science*, vol. 41, nº 2 (Jun, 1990), 147- 175.

BAIRD, D.; NORDMANN, A. "Facts-well-Put". *The British Journal for the Philosophy of Science*, vol. 45, nº 1 (march, 1994), 37- 77.

BALDINI, G. (ed.) (1967). *La obra pictórica completa de Hogarth*. Alcántara, F. (trad.). Barcelona: Noguer, 1975.

BARLOW, W. (1597). *The Navigators Supply. Conteyning many things of principall importance belonging to Nauigation...* [versión electrónica]. London: G. Bishop, R. Newbery, R. Baker.

_____ (1616). *Magneticall Aduertisements: or diuers pertinent obseruations, and approued experiments, concerning the nature and properties of the Load-stone*. [versión electrónica]. London: Edward Griffin,

_____ (1616). *Magneticall Aduertisements: or diuers pertinent obseruations, and approued experiments, concerning the nature and properties of the Load-stone... Whereunto is anexed a breife Discoverie of the idle Animaduersions of Mark Ridley...* [versión electrónica]. 2nd ed. London: Edward Griffin, 1618.

_____ (1618). *A Breife Discovery of the Idle Animadversions of Marke Ridley Doctor in Physicke upon a Treatise entituled, Magneticall Aduertisements*. London: Edward Griffin.

BERGGREN, J. L.; JONES, A. (2000). *Ptolemy's Geography: an annotated translation of the theoretical chapters*. Princeton, New Jersey: Princeton U. P.

BERNAL, J. D. (1939). *The Social Function of Science*. London: G. Routledge & Sons.

_____ (1954). *Historia Social de la Ciencia, vol. 1: la ciencia en la historia*. Capella, J. L. (trad.). 6^a ed. en esp. de la 3^a ed. en inglés, 1964. Barcelona: Península, 1989.

BLUNDEVILLE, T. (1602). *The Theoriques of the Seven Planets, shewing all their diuerse motions, and all other accidents, called passions, thereunto belonging... There is also hereto added, The making, description, and vse, of two most ingenious and necessarie instruments for seamen ... First inuented by M. Doctor Gilbert ...* [versión electrónica]. London, Adam Islip,

BOND, H. (1676). *The longitude found: or, a Treatise shewing and Easie and Sppedy way, as well by Night as by Day, to find the Longitude, having but the Latitude of the Place, and the Inclination of the Magneticall Inclinatorie Needle*. London: W. Godbid.

BOROUGH, W. (1581). *A Discours of the Variation of the Cumpas, or Magneticall Needle... And is to be annexed to The Newe Attractiue of R. N.* [versión electrónica]. London: Richard Ballar.

BOURNE, W. (1574). *A Regiment for the Sea: Conteyning most profitable Rules, Mathematical experiences, and perfect knowledge of Nauigation...* [versión electrónica] London: Thomas Hacket.

_____. (1578a). *Inuentions or Deuises* [versión electrónica]. London: Tomas Woodcock[e].

_____. (1578b). *A booke called the Treasure for Traueilers...* [versión electrónica]. London:

Thomas Woodcoke.

BURTT, E. A. (1925). *Los fundamentos metafísicos de la ciencia moderna: ensayo histórico y crítico*. Rojo, R. (trad.). Buenos Aires: Ed. Sudamericana, 1960.

BUTTERFIELD, H. (1931). *The Whig interpretation of History*. London: G. Bell and Sons.

_____ (1949). *Los orígenes de la ciencia moderna*. Castro, L. (trad.) 2ª reimp. de la 1ª ed. en español, 1958. Madrid: Taurus, 1982.

CARROLL, L. *The Complete Works of Lewis Carroll*. London [etc.]: The Nonesuch Press, 1939.

CASAS, B. de las. *Brevísima relación de la destrucción de las Indias*. Pérez, I. (ed.). Madrid: Tecnos, 1992.

CERVANTES, M. de. *Novelas ejemplares, vol. II*. Sieber, H. (ed.). Madrid: Cátedra, 1991.

CICERÓN, M. T. *Sobre la república*. D'Ors, A. (trad.) Madrid: Gredos, 1984.

COHEN, I. B. (1980). *La revolución newtoniana y la transformación de las ideas científicas*. Solís, C. (trad.) Madrid: Alianza, 1983.

_____ (1985). *Revolución en la ciencia*. Zadunaisky, D. (trad.). 1º reimp. en esp. Barcelona: Gedisa, 2002.

COLÓN, C. *Los cuatro viajes. Testamento*. Varela, C. (ed.). Madrid: Alianza, 2000.

COLÓN, H. (1571). *Historia del Almirante*. Arranz, L. (ed.) Madrid: Dastin, 2000.

COPENHAVER, B. P. (ed.) (1992). *Corpus Hermeticum y Asclepio*. Pórtolas, J.; Serna, C. (trads.). Madrid: Siruela, 2000.

COPÉRNICO, N. (1543). *Sobre las revoluciones*. Mínguez, C. (trad.). Madrid: Altaya, 1997.

COPÉRNICO, N.; DIGGES, T.; GALILEI, G. *Opúsculos sobre el movimiento de la Tierra*. Elena, A. (trad.). 1ª reimp. Madrid: Alianza, 1986.

CORTÉS [ALBÁCAR], M. (1551). *The arte of nauigation conteyning a compendious description of the sphere...* Eden, R. (trad.) [versión electrónica]. London: Richard Jegge, 1561.

_____ (1551). *Breve compendio de la esfera y del arte de navegar*. Madrid: Editorial Naval, 1991.

_____ (1551). *Breve compendio de la sphaera y de la arte de navegar*. Sevilla: Antón Álvarez, 1556. En MANCHO DUQUE, M. J. (dir.); QUIRÓS GARCÍA, M. (coord.) (2005). *La ciencia y la técnica en la época de Cervantes: Textos e imágenes* [Archivo de ordenador]. Salamanca: U. de Salamanca.

CUNINGHAM, W. (1559). *The cosmographical glasse conteinyng the pleasant principles of cosmographie, geographie, hydrographie, or nauigation*. [versión electrónica]. London: Ioan. Daij.

DANTE. *Divina Comedia*. Crespo, A. (trad.). Barcelona: Planeta, 1983.

DAVIS, J. (1594). *The Seamans Secrets...* [versión electrónica]. 2nd ed. London: Thomas Dawson,

1595.

DE TALES A DEMÓCRITO. *Fragmentos presocráticos*. Bernabé, A. (trad.). Madrid: Alianza, 1988.

DEE, J. (1570). “[Mathematical] “Preface”. En: EUCLID. *The elements of geometrie of the most ancient philosopher Euclide of Megara*. Billingsley, H. (ed.). 2nd ed. [versión electrónica]. London, s/e.

_____ (1577a). *General and Rare Memorials pertayning to the perfect Arte of nauigation*. [versión electrónica]. London: Iohn Daye.

_____ (1577b). *Of Famous and Rich Discoveries...* [versión electrónica]. London, s/e.

DESCARTES, R. (1644). *Los principios de la filosofía*. Quintás, G. (trad.). Madrid: Alianza, 1995.

DIGGES, T. (1576). “The Addition”, en DIGGES, L. *A prognostication euerlastinge of right good effect fruitfully augmented by the author... Lately corrected and augmented by Thomas Digges his sonne*. [versión electrónica]. London: Thomas Marsh, s/p.

DRYDEN, J. (1663). “Prefatory poem”, en CHARLETON, W. *Chorea Gigantum*. London: Henry Herringman [en línea- <http://rpo.library.utoronto.ca/poem/744.html>] Último acceso, 20 de juio de 2009.

DUHEM, P. (1905). *The origins of statics: the sources of physical theory*. Leneaux, G. F.; Vagliente, V. N.; Wagener, G. H. (trads.). Dordrecht [etc.]: Kluwer, cop. 1991.

_____ (1906-1913). *Études sur Leonard de Vinci*. New York : Readex Microprint, 1969.

_____ (1913-1959). *Le Système du Monde. Histoire des Doctrines cosmologiques de Platon à Copernic*, 10 vols. Paris : Hermann.

_____ (1914). *The aim and structure of physical theory*. Princeton, New Jersey: Princeton U. P., 1991.

_____ *Medieval Cosmology: theories of infinity, place, time, void, and the plurality of words*. Ariew, R. (ed.). Ariew, R.(trad.). Chicago: The U. of Chicago Press, 1987.

ESTRABÓN. *Geografía, vols I- II*. García, J. (trad.). Madrid: Gredos, 1992.

FALERO, F. (1535). *Tratado del sphaera y del arte del marear*. Sevilla: Juan Cromberger. En MANCHO DUQUE, M. J. (dir.); QUIRÓS GARCÍA, M. (coord.) (2005). *La ciencia y la técnica en la época de Cervantes: Textos e imágenes* [Archivo de ordenador]. Salamanca: U. de Salamanca.

FERNÁNDEZ DE ENCISO, M. (1519). *Suma de Geografía*. Cuesta, M. (ed.). Madrid: Museo Naval, 1987.

_____ (1519). *Suma de Geographía*. Sevilla: Juan Cromberger, 1530. En MANCHO DUQUE, M. J. (dir.); QUIRÓS GARCÍA, M. (coord.) (2005). *La ciencia y la técnica en la época de Cervantes: Textos e imágenes* [Archivo de ordenador]. Salamanca: U. de Salamanca.

FERNÁNDEZ DE OVIEDO, G. *Sumario de la natural historia de las Indias*. Ballesteros, M. (ed.). Madrid: Dastin, 2002.

FERNÁNDEZ FONTECHA, F. *Curso de Astronomía Náutica y Navegación*. Facsímil de la 2ª ed.: Cádiz, 1880. Valladolid: Maxtor, 2001.

FLECK, L. (1935). *La génesis y el desarrollo de un hecho científico: Introducción a la teoría del estilo de pensamiento y del colectivo de pensamiento*. Meana, L. (trad.). Madrid: Alianza, 1986.

FLEMING, S. (1876). *Terrestrial Time: A memoir*. [microfilm]. London: Edwin S. Boot.

FULLER, T. (1662). *The History of the worthies of England who for parts and learning have been eminent in the several countries*. London: Thomas William.

GALENO. *Sobre las facultades naturales. Sobre la constitución del arte médica a Patrófilo*. Lara, D. (trad.). Madrid: Ediciones Clásicas, 1997.

GALILEI, G. *Opere*. Favaro, A. (ed.). Ed. Nazionale. Firenze: Giunti Barberá, 1968.

_____ (1634). *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo ptolemaico y copernicano*. Beltrán, A. (trad.). Madrid: Alianza, 1995.

GARCÍA GUAL, C. *Los siete sabios (y tres más)*. Madrid: Alianza, 1988

GELLIBRAND, H. (1635). *A discourse mathematical on the Variation of the Magneticall Needle*. [versión electrónica]. London: Wiliam Iones.

GILBERTUS, Guilielmus [GILBERT, W.], (1600), *Medici Londinensis, De Magnete Magnetisque Corporibus, et de magno magnete tellure; Physiologia nova, plurimis & argumentis, & experimentis demonstrata*. [versión electrónica]. Londini: Petrus Short.

GILBERT, W. (1600), *On the Magnet*. Thompson, S. P. (trad.) Reprint of: London, 1900. New York: Basic Books, 1958.

_____. (1600). *De Magnete*. Mottelay, P. F. (trad.). Unabridged republication of the edition by John Wilwy & Sons, N. Y, 1893. New York: Dover, 1991.

_____. "The will of... Willyam Gilbert". London: *Public Record Office, 109 Boleyn*, p. 408.

_____ (1651), *Colcestrensis, Medici Regii, De Mundo Nostro Sublunari Philosophia Nova*. Facsímil reproduction of: Amstelodami: Ludovico Elzevier, Amsterdam: Menno Hertzberger, [s.d.].

GILBERT, H. (1576). *A Discourse of a Discoverie for a new Passage to Cataia*. [versión electrónica]. London: Richard Ihones.

GUERLAC, H. (1952). *Science in Western Civilization: a Syllabus*. New York: The Ronald Press.

HACKING, I. (1983). *Representar e intervenir*. Martínez, S. (trad.) México: UNAM, Paidós, 1996.

_____ (1999). *¿La construcción social de qué?* Sánchez, J. (trad.). Barcelona: Paidós, 2001.

HAKLUYT, R. *Voyages and Discoveries: The Principal Navigations, Voyages, Traffiques and Discoveries of the English Nation*. Beeching, J. (ed.). London: Penguin Books, 1985.

HALL, A. R. (1954). *The Scientific Revolution, 1500- 1800: the formation of modern scientific attitude*. London: Longmans, Green and Co.

HALL, A. R.; TILLING, L. (eds.) (1976). *The correspondence of Isaac Newton, vol. VI: 1713-1718*. Cambridge: Cambridge U. P.

HANSON, N. R. (1971; 1958). *Observación y explicación: guía de la filosofía de la ciencia. Patrones de descubrimiento: investigación de las bases conceptuales de la ciencia*. García, E.; Montesinos, A. (trads.). Madrid: Alianza, 1977.

HARRIOT, T. (1588). *A Brief and True Report of the New Found Land of Virginia*. Royster, P. (ed.). [versión electrónica]. U. of Nebraska-Lincoln, 2007.

HELLMANN, G. (1895). *Die Ältesten Karten der Isogonen, Isoklinen, Isodynamen, 1701, 1721, 1768, 1804, 1825, 1826*. Reimpresión de la edición facsímil publicada de 1893 a 1904, serie: *Neudrucke von Schriften und Karten über Meteorologie und Erdmagnetismus, 3 vols.* Tomo I, vol. 4. Berlin: Kraus Thompson, 1969.

_____ (1898). *Rara Magnetica 1269- 1599*. Reimpresión de la edición facsímil publicada de 1893 a 1904, serie: *Neudrucke von Schriften und Karten über Meteorologie und Erdmagnetismus, 3 vols.* Tomo II, vol. 10. Berlin: Kraus Thompson, 1969.

HIPÓCRATES. *Tratados hipocráticos, vol. IV: Tratados ginecológicos*. Sanz, L. (trad.). Madrid: Gredos, 1998.

HOGARTH, W. (1753). *Análisis de la belleza*. Cereceda, M.; Criado, M. (trads.) Madrid: Visor, 1997.

HOMERO. *Iliada*. Crespo, E (trad.). Madrid: Gredos, 2000.

_____. *Odisea*. Pabón, J. M. (trad.). Madrid: Gredos, 1982.

HUES, R. (1639). *A learned treatise of globes, both coelestiall and terrestriall: with their several uses... Written first in Latine...* Chilmead, J. (trad.) [versión electrónica]. London: T. P.

HUMBOLDT, A. de (1845). *Cosmos, o ensayo de una descripción física del mundo, Tomo I*. Díaz, F. (trad.). [Reprod. facs. de la ed. de: Madrid: Establecimiento tipográfico de D. Ramón Rodríguez de Rivera, 1851-1852]. Córdoba: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba, 2005.

HUYGENS, C. (1673). *Horologium Oscillatorium (l' horloge oscilante)*. Bordeaux. Éd. Bergueret, 1980.

International Conference held at Washington for the purpose of fixing a Prime Meridian and a Universal Day. October, 1984. Protocols of the Proceedings. [versión electrónica]. Washington: Gibson Bross, 1884.

KEPLER, J. (1609). *New Astronomy*. Donahue, W. H. (trad.). Cambridge: Cambridge U. P., 1991.

_____ (1621). *Epitome of Copernican Astronomy. Harmonies of the World*. Wallis, C. G. (trad.). Amherst, New York: Prometheus Books, 1995.

_____ (1634). *El Sueño o la Astronomía de la Luna*. Socas, F. (trad.) Huelva: U. de Huelva, 2001.

KIRK, G. S.; RAVEN, J. E.; SCHOFIELD, M. (1957, 1983). *Los Filósofos Presocráticos: Historia crítica con selección de textos*. García, J. (trad.). 2ª reimp. de la 2ª edic, 1987. Madrid: Gredos, 1999.

KITCHER, P. (1993). *The advancement of science: science without legend, objectivity without illusions*. 2nd ed. New York; Oxford: Oxford U. P., 1995.

KOYRÉ, A. (1939). *Estudios galileanos*. González, M. (trad.). Madrid [etc.]: Siglo XXI, 1980.

_____ (1957). *Del mundo cerrado al universo infinito*. Solís, C. (trad.). 11ª ed. (4ª de España) en español. Madrid: Siglo XXI, 1999.

_____ (1961). *Pensar la ciencia*. Beltrán, A. (trad.). Barcelona: Paidós, 1994.

_____ (1973). *Estudios de historia del pensamiento científico*. Pérez Sedeño, E.; Bustos, E. (trads.). Madrid: Siglo XXI, 1990.

KUHN, T. S. (1957). *La revolución copernicana: la astronomía planetaria en el desarrollo del pensamiento*. Bergadá, B. (trad.). Barcelona: Ariel, 1996.

_____ (1962). *La estructura de las revoluciones científicas*. Contín, A. (trad.). 14ª reimp. Madrid: F. C. E., 1990.

_____ (1977). *La tensión esencial: estudios selectos sobre la tradición y el cambio en el ámbito de la ciencia*. Helier, R. (trad.). 2ª reimp, en esp. Madrid: F. C. E., 1993.

_____ . *¿Qué son las revoluciones científicas?, y otros ensayos*. Romo, J. (trad.). 1ª reimp. de la 1ª edic. en esp, 1989. Barcelona: Paidós, 1996.

_____ (2000). *El camino desde la estructura: Ensayos filosóficos, 1970- 1993, con una entrevista autobiográfica*. Conant, J.; Haugeland, J. (comps.). Beltrán, A.; Romo, J. (trads.). Barcelona: Paidós, 2002.

LAKATOS, I. (1971). *Historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales: simposio*. Ribes, D. (trad.) Madrid: Tecnos, 1987.

_____ (1978). *Escritos filosóficos, I: La metodología de los programas de investigación científica*. Zapatero, J C. (trad.). Madrid: Alianza, 2007.

LATOUR, B. (1987). *Ciencia en Acción: cómo seguir a los científicos e ingenieros a través de la sociedad*. Aibar, E.; Méndez, R.; Ponisio, E. (trads.). Barcelona: Labor, 1992.

_____ (1991). *Nunca hemos sido modernos: ensayos de antropología simétrica*. Madrid: Debate, 1993.

_____ (1999). *La esperanza de Pandora: ensayos sobre la realidad de los estudios de la ciencia*. Fernández, T. (trad.). Barcelona: Gedisa, 2001.

LATOUR, B.; WOOLGAR, S. (1979). *La vida en el laboratorio: la construcción de los hechos científicos*. Madrid: Alianza, 1995.

LAUDAN, L. (1977). *El progreso y sus problemas: hacia una teoría del crecimiento científico*. López, J. (trad.). Madrid: Encuentro, 1986.

LINDBERG, D. C. (ed.) (1988). *Roger Bacon's Philosophy of Nature: a Critical Edition, with English Translation, Introduction and Notes, of De multiplicatione specierum and De speculis comburentibus*. South Bend, Indiana: St. Augustine's Press.

LLULL, R. *Obra escogida: Vida coetánea. Libro de maravillas. Arbol ejemplifical. Desconsuelo. Canto de Ramon*. Gimferrer, P. (trad.). Madrid: Alfaguara, 1981.

LONGINO, H. (1990). *Science as Social Knowledge: values and objectivity in scientific inquiry*. Princeton: Princeton U. P.

LUCRECIO CARO, T. *De la naturaleza de las cosas*. Marchena, A. (trad.) Madrid: Cátedra, 1983.

MASTERMAN, M. (1970; 1972). "La naturaleza de los paradigmas", en LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. *La Crítica y el Desarrollo del Conocimiento: actas del Coloquio Internacional de Filosofía de la Ciencia (Londres, 1965)*. Hernán, F. (trad.). Barcelona: Grijalbo, 1975, 159-201.

MEDINA, P. de (1545). *The arte of nauigation wherein is contained all the rules, declarations, secretes, & aduises...* [versión electrónica]. London: [s.e.], 1581.

_____ (1545). *Arte de Navegar*. Valladolid: Fco. Fdez. de Córdoba. En MANCHO DUQUE, M. J. (dir.); QUIRÓS GARCÍA, M. (coord.) (2005). *La ciencia y la técnica en la época de Cervantes: Textos e imágenes* [Archivo de ordenador]. Salamanca: U. de Salamanca.

_____ (1563). *Regimiento de navegación*. Sevilla: Simón Carpintero. En MANCHO DUQUE, M. J. (dir.); QUIRÓS GARCÍA, M. (coord.) (2005). *La ciencia y la técnica en la época de Cervantes: Textos e imágenes* [Archivo de ordenador]. Salamanca: U. de Salamanca.

Las Mil y una noches, tomo I. Vernet, J. (trad.) 4ª ed. Barcelona: Planeta, 1970.

MORO, T. (1516). *Utopía*. Cardona, F. (trad.). Madrid: RBA, 1984.

NAUTONNIER, G. de (1603- 1604). *The Mecographie of ye Loadstone... La Mecometrie de l'Eymant... Mecographia Magnetica...* [versión electrónica]. Toulouse; Venezia, Raimond Colomies.

NORMAN, R. (1581). *The newe Attractiue, Contayning a short discourse pf the Magnes or Lodestone...* [versión electrónica]. London: Richard Ballard.

ORSTEIN, M. B. (1913). *The Rôle of the Scientific Societies in the 17th Century*. London: Archon Books, 1963.

OVIDIO. *Metamorfosis, Libs. I – V*. Fernández, J. C.; Cantó, J. (trads.). Madrid: Gredos, 2008.

PEREGRINUS, P. (1269). *Epistle of Peter Peregrinus of Maricourt to Sygerus de Foucaourt, Soldier, concerning the Magnet*. Thompson, S. P. (trad.). London: Chiswick Press, 1902.

_____. (1269). *The Letter of Petrus Peregrinus on the Magnet, A. D. 1269*. Arnold, B. (trad.) [versión electrónica]. New York: McGraw Publishing Co., 1904.

PETRARCA. *Cancionero*. Crespo, A. (trad.) Madrid: Alianza, 1995.

PLATÓN. *Diálogos, vol. I: Apología. Critión. Eutifrón. Ion. Lisis. Cármides. Hippias menor. Hippias mayor. Laques. Protágoras*. Calonge, E.; Lledó, E.; García, C. (trads.). Madrid: Gredos, 1981.

_____. *Diálogos, vol. II: Gorgias. Menéxeno. Eutidemo. Menón. Crátilo*. Calonge, J.; Acosta, E.; Olivieri, J. F.; Calvo, J. L (trads.). Madrid: Gredos, 1983.

_____. *Diálogos, vol. VI: Filebo, Timeo, Critias*. Durán, M. A.; Lisi, F. (trads.). Madrid: Gredos, 1992.

PLINIO SEGUNDO, Cayo. *Historia Natural de Cayo Plinio Segundo*. Hernández, F. (trad.). Madrid [etc.]: Visor Libros [etc.], 1998.

PLUTARCO. *Obras morales y de costumbres (Moralia), vol. VI: Isis y Osiris. Diálogos Píticos*. Pordomingo, F; Fernández, J. A. (trads.) Madrid: Gredos, 1995.

PORTA, J. B. [G. della] (1558, 1589). *Natural Magick: in Twenty Books*. [versión electrónica]. Transcribed from: London: Thomas Young, 1658.

_____ (1589). *Natural Magick*. Price, D. J. (ed.). 3rd ed. New York: Basic Books, 1959.

PTOLEMY. *The Geography*. Stevenson, E. L. (trad.). New York: Dover, 1991.

PTOLOMEO, C. *Las hipótesis de los planetas*. García, J.; Cano, A. (trads.). Madrid: Alianza, 1987.

QUINE, W. V. O. (1960). *Word and Object*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.

RANDALL, J. H. (1926). *The Making of the Modern World: A Survey of the Intellectual Background of the Present Age*. New York: Columbia U. P., 1976.

REICHENBACH, H. (1938). *Experience and prediction*. Chicago: Chicago U. P.

RIDLEY, M. (1613). *A Short Treatise of Magneticall Bodies and Motions*. [versión electrónica]. London, Nicholas Okes.

_____ (1617). *Magnetical Animadversions, Made by Marke Ridley, Doctor in Physicke. Upon certaine Magneticall Advertisements lately published, From Master William Barlow*. [versión electrónica]. London: Nicholas Okes.

ROBINSON, J. H. (1921). *The Mind in Making: the Relation of the Intelligence to Social Reform*. London: Jonathan Cape, 1923.

SANTA CRUZ, A. de (1567). *Libro de las longitudes*. Mss. En MANCHO DUQUE, M. J. (dir.); QUIRÓS GARCÍA, M. (coord.) (2005). *La ciencia y la técnica en la época de Cervantes: Textos e imágenes* [Archivo de ordenador]. Salamanca: U. de Salamanca.

SEPÚLVEDA, J. G. de (1550). *Demócrates Segundo, o Tratado sobre las justas causas de la guerra contra los indios*. Menéndez y Pelayo, M. (ed.). [Edición digital a partir de *Boletín de la Real Academia de la Historia*, tomo 21 (1892), pp. 257-369]. Alicante: Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes, 2006.

SMITH, P. (1930). *A History of the Modern Culture, vol. 1: The Great Renewal, 1543-1687*. New York: Henry Holt.

SQUIRE, J. (1742). *A Proposal to Determine our Longitude*. 2nd ed. London: s/e, 1743.

STEVIN, S. (1599). *The Haven-Finding Art, or the way to find any Haven or place at sea, by the Latitude and variation*. [versión electrónica]. Wright, E. (trad.). London: G. B. R. N. & R. B, 1599.

SWIFT, J. (1727). *Los viajes de Gulliver*. Guardia, P. (trad.). Barcelona: Planeta, 1988.

TAYLOR, E. G. R. (ed.) (1935). *The Original Writings & Correspondence of the two Richard Hakluyts* [Reprint of: London: The Hakluyt Society]. Neudel, Liechstentein: Klaus Reprint Ltd, 1967.

TEOPHRASTUS *De Lapidibus*. Eichholz, D. E. (ed.). Eichholz, D. E. (trad.). Oxford: Clarendon Press, 1965.

TOOMER, G. J. (ed.). *Ptolemy's Almagest*. Princeton: Princeton U. P., 1998.

VAN FRAASSEN, B. C. (1980). *La imagen científica*. Martínez, S. (trad.). México: Paidós, 1996.

VESPUCIO, A. (1503). *El Nuevo Mundo: Viajes y documentos completos*. Aznar, A. M. R., de (trad.) Torrejón de Ardoz, Madrid: Akal, 1985.

VESPUCCI, A. *Cartas de viaje*. Aznar, A. M. R.; Formisano, L. (trads.) Madrid: Alianza, 1986.

WALKER, K. (ed.) (1987). *John Dryden*. Oxford, New York: Oxford U. P.

WATSON, G. (1598). *The cures of the Deseased, in remote Regions. Preventing mortalitie, incident in Forraine Attempts, of the English Nation*. [versión electrónica]. London: Felix Kingston.

WHISTON, W. (1721). *The Longitude and Latitude Found by the Inclinary or Dipping Needle...* London: J. Senex & W. Taylor.

_____ (1724). *The Calculation of Solar Eclipses without Parallaxes*. London: Senex and Taylor.

_____ (1738). *The longitude discovered by the Eclipses, Occultations, and Conjunctions of the Jpiter's Planets*. London: Senex and Taylor.

WHISTON, W.; DITTON, H. (1714). *A New method for discovering the Longitude both at Sea and Land, humbly proposed to the Consideration to the Publick*. 2nd ed. London: John Graves, 1715.

WHITEHEAD, A. H. (1925). *Science and the Modern World*. London: The Free Press.

WITTGENSTEIN, L. (1922). *Tractatus Logico-Philosophicus*. Muñoz, J.M; Reguera, I. (trads.). Madrid: Alianza, 1992.

_____. (1953). *Investigaciones filosóficas*. García, A.; Moulines, U. (trads.). Barcelona: Crítica, 2002.

WOOLGAR, S. (1988) *Ciencia: Abriendo la caja negra*. Aibar, E. (trad.) Barcelona: Anthropos, 1991.

WREN, C. (1750). *Parentalia: or Memoirs of the Family of the Wrens*. London: Farnborough, 1965.

WRIGHT, E. (1599). *Certaine Errors in Nauigation, arising tjeither of the ordinarie erroneous making or vsing of the sea Chart...* [versión electrónica]. London: Valentine Sims, 1599.

_____. (1599). *Certaine Errors in Navigation. Detected and Corrected by Edw. Wright. With many Additions that were nor in the former Editions.* [versión electrónica]. London: Joseph Moxon, 1657.

_____. (1599). *Certaine Errors in Navigation, arising either of the ordinaire erroneous making or vsing of the sea Chart... The voyage of ... George Earle of Cumberl. to the Azores* [Facsimil ed. of: London: Valentine Sims, 1599]. Amsterdam: Theatrum Orbis Terrarum, 1974.

_____ (1613). *The Description and Vse of the Sphaere. Deuided into Three Principall Parts...* [versión electrónica]. London: B. A. & T. Fawcet, 1627.

_____ (1614). *A short treatise of Dialling Shewing, the Making of All Sorts of Sun-dials...* [versión electrónica]. London: Iohn Beale.

ZILSEL, E. "The origins of William Gilbert's Scientific Method". *Journal of the History of Ideas*, vol. 2, Issue 1 (Jan., 1941), 1- 32.

2. FUENTES SECUNDARIAS:

ABROMITIS, L. I. (1977). *William Gilbert as Scientist: the portrait of a renaissance amateur*. London: Univ. Microfilms International, 1978.

ACZEL, A. (2001). *The riddle of the compass: the invention that changed the World*. New York: Harcourt.

AGASSI, J. "Koyré on the History of Cosmology". *British Journal for the Philosophy of Science*, 9 (1958)

ALEXANDER, A. R. (2002). *Geometrical landscapes: the voyages of discovery and the transformation of mathematical practice*. Stanford, California: Stanford U. P.,

ALIOTO, A. M. (1987). *A History of Western Science*. 2nd ed. New Jersey: Prentice Hall, 1993.

ANDREWES, W. J. H. (1996a). "Even Newton Could Be Wrong: The Story of Harrison's First Three Sea Clocks", en ANDREWES, W. H. J, (ed.): *The Quest for Longitude*. Cambridge, Mass: Collection of Historical Scientific Instruments, 1998, 189-234.

_____ (1996b). "Translation of the Earliest Documents Describing the Principal Methods Used to Find Longitude at Sea", en ANDREWES, W. H. J, (ed.): *The Quest for Longitude*. Cambridge, Mass: Collection of Historical Scientific Instruments, 1998, 376-392.

ASIMOV, I. (1964). *Enciclopedia biográfica de ciencia y tecnología, vol. 1*. Varela, C.; Díaz, F. (trads.). Madrid: Alianza, 2003.

_____ (1972). *Introducción a la ciencia*. Orus, J. de; Vázquez, M. (trads.). Barcelona: Plaza & Janés, 1973.

AUJAC, G. (1993). *Claude Ptolémée astronome, astrologue, géographe: connaissance et représentation du monde habité*. Paris: CTHS.

ASLET, C. (1999). *The story of Greenwich*. London: Fourth State.

BAILEY, J. F. "Longitude and the Sea Clock". *History Today*, vol. XX, nº 6 (1970), 410 – 418.

BARNARD, J.; McKENZIE, D. F. (eds.) (2002). *The Cambridge History of the Book in Britain, vol. IV: 1557- 1695*. Cambridge: Cambridge U. P.

BARNES, B. (1985). *Sobre Ciencia*. Faci, J. (trad.). Barcelona: RBA, 1995.

BARNETT, C. (1970). *Britain and her Army: a military, political and social history of the British Army 1509- 1970*. London: Cassell & Co, 2000.

BARNETT, J. E. (1998). *El péndulo del tiempo: en pos del tiempo: de los relojes de sol a los atómicos*. Camper, J. P. (trad.). Barcelona: Península, 2000.

BEDINI, S. (1991). *The pulse of time: Galileo Galilei, the determination of longitude, and the pendulum clock*. Firenze: Leo S. Olschki.

- BENHAM, C. E. (1902). *William Gilbert of Colchester: a sketch of his magnetic philosophy*. Colchester: Benham & Co.
- BENJAMIN, P. (1895). *Intellectual Rise in Electricity: a history*. London: Longmans, Green & Co.
- BENNET, J. A. (1987). *The Divided Circle: a History of Instruments for Astronomy, Navigation and Surveying*. Oxford: Phaidon Christie's.
- _____. "Presidential address: Knowing and doing in the sixteenth century: what were instruments for?" *British Journal of the History of Science*, vol. 36, part 2, nº 129 (June 2003), 129-150.
- BETTS, J. (1997?). *John Harrison*. 5ª ed. London: National Maritime Museum, 2002.
- BOAS, M. "Bacon and Gilbert". *Journal for the History of Ideas*, vol. 12 nº 3 (Jun. 1951), 466- 7.
- BONNET Y REVERÓN, B. "La Geografía de Ptolomeo y las Islas Canarias". *Revista de Historia Canaria*, tomo II, año III (en- marzo 1926). La Laguna: Servicio de Publicaciones de la ULL, 3 – 6.
- BOORSTIN, D. (1983). *Los descubridores*. Lijtmaer, S. (trad.) Barcelona: Crítica, 2000.
- BROSSARD, M. de (1974). *Historia Marítima del Mundo*. Córdoba, M. A. (trad.). Madrid: Edimat, 2000.
- BROTON, J. (1999). "Terrestrial Globalism: Mapping the Globe in Early Modern Europe". En: Cosgrove, D. (ed.). *Mappings*. London, Reaktion Books, 71-89.
- BROWN, L. A. (1949). *The Story of Maps*. New York: Dover, 1979.
- BRUTON, E. (2002). *The History of Clocks & Watches*. Rochester, Kent: Grange Books.
- BURGUESS, A. (1996). "The Scandalous Neglect of Harrison's Regulator Science", en ANDREWES, W. H. J, (ed.): *The Quest for Longitude*. Cambridge, Mass: Collection of Historical Scientific Instruments, 1998, 255-280.
- CARACI, G. (1979). *Il "Negozio delle Longitudini" e Galileo*. Genova: Civico Istituto Colombiano.
- CARDWELL, D. (1994). *Historia de la tecnología*. Gil, J. L. (trad.). Madrid: Alianza, 1996.
- CHALMERS, G. K. "The Lodestone and the Understanding of Matter in Seventeenth Century England". *Philosophy of Science*, vol. 4, nº 1 (1937), 75- 95.
- CHANDLER, B. (1996). "Longitude in the Context of Mathematics", en ANDREWES, W. H. J, (ed.): *The Quest for Longitude*. Cambridge, Mass: Collection of Historical Scientific Instruments, 1998, 33-42.
- CLARK, G. N. (1964). *A History of the Royal College of Physicians of London, vol. I*. Oxford: Clarendon Press.
- COHEN, H. F. (1994). *The Scientific Revolution: a Historiographical Inquiry*. Chicago: The U. of Chicago Press.
- COÍN CUENCA, L. M. (2003). *Una travesía de 20 días a dos rumbos que cambió el mundo*.

Cádiz: U. de Cádiz.

COPPER, C. H.; COOPER, T. (1861). *Athenae Cantabrigienses, vol. II: 1586- 1609*. [versión electrónica]. Cambridge: [s.e.]..

COMELLAS, J. L. (1991). *El cielo de Colón: Técnicas navales y astronómicas en el Viaje del Descubrimiento*. Madrid: Tabapress.

CORMACK, L. B. "Good Fences Make Good Neighbors: Geography as Self- Definition in Early Modern England". *Isis*, vol. 82, nº 4 (1991), 639- 661.

_____ (1997). *Charting an Empire: Geography at the English Universities, 1580-1620*. Chicago: U. of Chicago Press.

CRANE, D. (1972). *Invisible Colleges: diffusion of knowledge in scientific communities*. Chicago: U. of Chicago Press, 1988.

CRANE, N. (2002). *Mercator: the man who mapped the planet*. London: Weidenfeld & Nicolson.

CROMBIE, A. C. (1959). *Historia de la Ciencia: de San Agustín a Galileo, vol. 2: La Ciencia en la Baja Edad Media y comienzos de la Edad Moderna: siglos XIII al XVII*. Bernia, J. (trad.). 8ª reimp. Madrid: Alianza, 2000.

_____ (1994). *Styles of Scientific Thinking in the European Tradition: The history of argument and explanation especially in the mathematicall and biomedical sciences and arts*, 3 vols. London: Gerald Duckworth & Co.

DAUJAT, J. (1945). *Origines et Formation de la Théorie des Phénomènes Électriques et Magnétiques, vol. II: XVII^e Siècle*. Paris: Hermann.

DAWBARN, F. "Patronage and Power: the College of Physicians and the Jacobean court." *British Journal of the History of Science*, vol. 31, (1998), 1- 19.

DAWBARN, F.; PUMFREY, S."Science and Patronage in England, 1570- 1625: a preliminary study". *History of Science*, 42, (2004), 137- 188.

DEBUS, A. G. "Robert Fludd and the Use of Gilbert's *De Magnete* in the Weapon-Salve Controversy", *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences*, 19 (1964), 389-417.

_____. (1965). *The English Paracelsians*. London: Oldbourne.

DEAR, P. (1995). *Discipline and Experience: the mathematical way in the scientific revolution*. U. of Chicago Press.

DIBNER, B. (1947). *Doctor William Gilbert*. New York: Burndy Library.

DÍEZ, J. A.; MOULINES, U. (1997). *Fundamentos de Filosofía de la Ciencia*. Barcelona: Ariel.

DILKE, O. A. W. (1985). *Greek and Roman maps*. London: Thames & Hudson.

DILLER, A. "The Oldest Manuscripts of Ptolemaic Maps". *Transactions and Proceedings of the American Philological Association*, vol. 71 (1940), 62-67.

DOBLE, S."La consagración del telescopio como instrumento científico". *Laguna*, vol. 14 (2004a),

165- 183.

_____ “El mundo en las mallas de la cartografía: de los primeros geógrafos a Ptolomeo”. *Llull*, vol. 27, nº 60 (2004b), 645- 678.

_____ (2004c). “¿Gigantes o molinos”? La particular cruzada de Jane Squire contra el Consejo de la Longitud”. En: VICENTE, A., *et. al*, (eds.): *Actas del IV Congreso de la Sociedad de Lógica, Metodología y Filosofía de la Ciencia en España* (Valladolid, 3-6 de noviembre de 2004). Valladolid: Secretariado de Publicaciones de la U. de Valladolid, 338- 341.

_____ (2007). “Failing Myths: Magnetic variation in Gilbert’s *De Magnete*”. En: HERRÁN, N.; SIMON, J.; GUILLEM, X.; LANUZA, T.; RUIZ, P.; NAVARRO, J. (coords.). *Synergia: Primer Encuentro de Jóvenes Investigadores en Historia de la Ciencia*. Madrid: C.S.I.C, 363- 379.

_____ (2008). “La estandarización del meridiano de Greenwich”, en FUNDACIÓN CANARIA OROTAVA DE HISTORIA DE LA CIENCIA, (dir.). *Ciencia y Cultura de Rousseau a Darwin. Actas Años XV y XVI*. [archivo de ordenador]. Col. Encuentros Educativos. Canarias: Consejería de Educación, Universidades, Cultura y Deportes del Gobierno de Canarias.

DOCAMPO, J. (1999). *Hogarth y la estampa satírica en Gran Bretaña*. Madrid: Electa: Biblioteca Nacional.

DORAN, S. (1986). *England and Europe, 1485- 1603*. London; New York: Longman.

_____ (1994). *Elizabeth I and religion, 1558- 1603*. London; New York: Routledge.

_____ (2000). *Elizabeth I and Foreign Policy, 1588- 1603*. London; New York: Routledge.

DREYER, J. L. E. (1906). *A History of Astronomy from Thales to Kepler*. 2nd ed revised. New York: Dover, 1953.

EAMON, W. (1994). *Science and the secrets of the nature: books of secrets in medieval and early modern culture*. Princeton, N. J.: Princeton University Press.

ECHEVERRÍA, J. (1989). *Introducción a la metodología de la ciencia: la Filosofía de la Ciencia en el siglo XX*. Ed. ampliada y revisada. Madrid: Cátedra, 1999.

_____ (1995). *Filosofía de la Ciencia*. 2^a ed. Madrid: Akal, 1998.

EDSON, E. (1997). *Mapping Time and Space: how medieval mapmakers viewed their world*. London: The British Library, 1999.

ELENA, A. (1985). *Las quimeras de los cielos: Aspectos epistemológicos de la revolución copernicana*. Madrid: Siglo XXI.

_____ (1989). *A hombros de gigantes: Estudios sobre la Primera Revolución Científica*. Madrid: Alianza.

ELIADE, M. (1956). *Herreros y alquimistas*. T., E. (trad). 9^a edic. esp. Madrid: Alianza, 2001.

ELLIOT, J. H. (1963). *La España imperial: 1469- 1716*. Monfany, M. (trad.). Barcelona: RBA, 2006.

_____ (1970). *El Viejo y el Nuevo Mundo: 1492-1650*. Sánchez, R. (trad). Madrid: Alianza,

1997.

ESPOSITO, M. "Notes on the early history of the mariner's compass". *The Geographical Journal*, vol. 52, nº 5 (Nov., 1918), 308 – 311.

ESTANY, A. (1990). *Modelos de cambio científico*. Barcelona: Crítica.

FARRELL, M. (1981). *William Whiston*. New York: Arno Press.

FERNÁNDEZ ÁLVAREZ, M. (1998). *Felipe II y su tiempo*. Barcelona: RBA, 2005.

FLEMING, J. A. "The Magnetism of the Earth". *The Scientific Monthly*, vol. 33, nº 1 (1931), 74-77.

FORBES, E.; MEADOWS, A. J.; HOWSE, D. (1975). *Greenwich Observatory: the Royal Observatory at Greenwich and Hertsmonceux, 1675- 1975, vol. 1: Origins and early history (1675-1835)*. London: Taylor & Francis.

FOSTER, J. (ed.) (1891-1892). *Alumni Oxonienses: the members of the University of Oxford, 1550-1714: their parentage, birthplace, and year of birth, with a record of their degrees, vol. I –Early Series*. Neudeln, Liechtenstein: Kraus Reprint, 1968.

FREUDENTHAL, G. "Theory of Matter and Cosmology in William Gilbert's De Magnete". *Isis*, vol. 74, nº 1 (1983), 22- 37.

FURDELL, E. L. (2001). *The Royal Doctors, 1485- 1714: Medical Personnel at the Tudor and Stuart Courts*. Rochester, New York: U. of Rochester Press.

GARCÍA MORENO, L. A.; GÓMEZ ESPELOSÍN, F. J. (eds.) (1996). *Relatos de viajes en la literatura griega antigua*. Madrid: Alianza.

GARMENDIA, I. (1992). *Instrumentos astronómicos antiguos y curiosidades varias*. 2º ed. [Bilbao?]: Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco, 1995.

GILBERD, E. B; PENNEY, W. G. (1971). *William Gilbert: a biography and assessment*. Colchester: Colchester and Essex Museum.

GILLISPIE, Charles C. "Physic and Philosophy: a Study of the Influence of the College of Physicians of London upon the Foundation of the Royal Society". *The Journal of Modern History*, vol. 19, nº 3 (Sept. 1947), 210- 225.

GINGERICH, O. (1996). "Cranks and Opportunists: 'Nutty' Solutions to the Longitude Problem", en ANDREWES, W. H. J, (ed.): *The Quest for Longitude*. Cambridge, Mass: Collection of Historical Scientific Instruments, 1998, 113-148.

GÓMEZ ESPELOSÍN, F. J. (2000). *El descubrimiento del mundo: Geografía y viajeros en la antigua Grecia*. Tres Cantos, Madrid: Akal.

GONZÁLEZ GARCÍA, M.; LÓPEZ CERREZO, J. A.; LUJÁN, J. L. (eds.) (1997). *Ciencia, tecnología y sociedad: lecturas seleccionadas*. Barcelona: Ariel.

GONZÁLEZ GONZÁLEZ, F. J. (1992). *Astronomía y navegación en España: siglos XVI-XVIII*. Madrid: Mapfre.

- GOODMAN, D. (1988). *Poder y penuria: Gobierno, tecnología y ciencia en la España de Felipe II*. Navarro, V. (trad.). Madrid: Alianza, 1990.
- GOULD, R. T. (1923). *The Marine Chronometer: its History and Development*. 2ª reimp. London: The Holland Press, 1978.
- GRANGER, J. (1769). *A biographical history of England, from Egbert the Great to the Revolution, vol. I*. [versión electrónica]. 5th ed. London: William Baynes and Son, 1824.
- GUYOT, E. (1955). *Histoire de la détermination des longitudes*. La-Chaux-de-Fonds: Chambre suisse de l'horlogerie.
- HALL, M. B. (1994). *The Scientific Renaissance: 1450- 1630*. New York: Dover.
- HARRÉ, R. (ed.). (1965). *Early Seventeenth Century Scientist*. Pergamon Press.
- _____ (1970). *El método de la ciencia: curso sobre ciencia del conocimiento basado en los libros "De Magnete" de William Gilbert y "Vegetable Staticks" de Stephen Halls*. García, E; Giménez, C. (trads.). Madrid: Blum, 1979.
- HEILBRON, J. L. (1979). *Electricity in the 17th and 18th Centuries: a Study of Early Modern Physics*. New York: Dover, 1999.
- HESSE, M. B. "Gilbert and the Historians". *British Journal of the Philosophy of Science*, vol. 11, nº 41 (May, 1960), 1- 10.
- HILL, C. (1965) . *Intellectual Origins of the English Revolution*. Oxford: Clarendon Press.
- _____ (1965). *Los orígenes intelectuales de la Revolución Inglesa*. Nicolás, A. (trad.). Barcelona: Crítica, 1980.
- _____. "The Intellectual Origins of the Royal Society- London or Oxford?." *Notes and Records of the Royal Society of London*, vol. 23, nº 2, (1968), 144- 156.
- HOLTON, G. (1952). *Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas*. 2ª ed corregida y revisada. Aguilar, J. (trad.). Barcelona: Reverté, 1988.
- HOWSE, D. (1996). "The Lunar-Distance Method of Measuring Longitude", en ANDREWES, W. H. J, (ed.): *The Quest for Longitude*. Cambridge, Mass: Collection of Historical Scientific Instruments, 1998, 149-166.
- _____ (1997). *Greenwich Time and the Longitude*. London: Philip Wilson, 1998.
- HUTCHISON, K. "What Happened to Occult Qualities in the Scientific Revolution?". *Isis*, vol. 73, nº 2 (1982), 233- 253.
- JACOB, C. (1999). "Mapping in the Mind: the Earth from Ancient Alexandria". En: COSGROVE, D. (ed.). *Mappings*. London: Reaktion Books, 24- 49.
- JARREL, R. A. "The Latest Date of Composition of Gilbert's *De Mundo*". *Isis*, vol. 63, nº 1 (1972), 94- 95.
- JONES, R. F. (1936). *Ancients and Moderns: a Study of the Rise of the Scientific Movement in Seventeenth-Century England*. [Unabridged and unaltered republication of the revised edition

published in 1961]. New York: Dover, 1982.

JONKERS, A. R. T. (2000). *North by Northwest: Seafaring, Science, and the Earth's Magnetic Field (1600- 1800)*, 2 vols. Göttingen: Cullivier Verlag.

_____ (2003). *Earth's magnetism in the age of sail*. Baltimore: John Hopkins U. P.

KAHANE, H.; KAHANE, R. "Calamita 'Lodestone': a Western Reflex of Hellenistic Egyptian Magic". *Romance Philology*, vol. XIII, nº 3 (1960), 269- 278.

KAY, C. D. (1981). *William Gilbert's Renaissance Philosophy of the Magnet*. Doctoral Dissertation, U.of Pittsburg,

KELLER, A. C. "Zilsel, the Artisans, and the idea of Progress in the Renaissance". *Journal of the History of Ideas*, vol. 11, nº 2 (1950), 235- 240.

KELLY, S. (1965). *The De Mundo of William Gilbert*. Amsterdam: Menno Hertzberger & Co.

KING, A. L. (1996). " 'John Harrison, Clockmaker at Barrow; Near Barton upon Humber; Lincolnshire': The Wooden Clocks, 1713-1730", en ANDREWES, W. H. J, (ed.): *The Quest for Longitude*. Cambridge, Mass: Collection of Historical Scientific Instruments, 1998, 167-188.

KUPCÍK, I. (1980). *Cartes géographiques anciennes: Évolution de la représentation cartographique du monde: de l' Antiquité à la fin du XIXe siècle*. Paris: Gründ, 1981.

KURZ, O. (1975). *European Clocks and Watches in the Near East*. London: The Warburg Institute.

LANDES, D. S. (1983). *Revolution in Time: Clocks and the Making of the Modern World*. Revised edition. London: Viking, 2000.

_____ (1996). "Finding the Point at Sea", en ANDREWES, W. H. J, (ed.): *The Quest for Longitude*. Cambridge, Mass: Collection of Historical Scientific Instruments, 1998, 19-32.

LEE, E. W. (1963). *Magnetism: an Introductory Survey*. New York: Dover, 1970.

LEY, C. D. (ed.) (1947). *Portuguese Voyages 1498- 1663*. London: Phoenix Press, 2000.

LINDBERG, D. C. (1992). *Los inicios de la ciencia occidental: la tradición científica europea en el contexto filosófico, religioso e institucional (desde el 600 a.C. hasta 1450)*. Beltrán, A. (trad.). Barcelona: Paidós, 2002.

LINDBERG, D. C.; WESTMAN, Robert S. (eds.) (1990). *Reappraisals of the Scientific Revolution*. 3rd ed. New York?: Cambridge U. P., 1994.

LOCKE, D. (1992). *La ciencia como escritura*. Méndez, A. (trad.). Madrid: Cátedra, 1997.

LOCKWOOD, R. "The Scientific Revolution in Seventeenth-Century New England". *The New England Quarterly*, vol. 53, nº 1 (1980), 76-95.

LÓPEZ PIÑERO, J. M. (1979a). *Ciencia y Técnica en la sociedad española de los s. XVI y XVII*. Barcelona: Labor.

_____ (1979b). *El arte de navegar en la España del Renacimiento*. 2^a ed. Barcelona: Labor, 1986.

_____ (2000). *Breve historia de la medicina*. Madrid: Alianza.

MacLEOD, C. (1999). *Tudor and Jacobean Portraits in the National Portrait Gallery collection at Moncate House*. London: The National Portrait Gallery.

MAHONEY, M. S. (1996). "Longitude in the Context of History of Science", en ANDREWES, W. H. J, (ed.): *The Quest for Longitude*. Cambridge, Mass: Collection of Historical Scientific Instruments, 1998, 63-70.

MALIN, S. R. C.; BULLARD, E. "The Direction of the Earth's Magnetic Field at London, 1570-1975". *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series A, Mathematical and Physical Sciences*, vol. 299, nº 1450 (1981), 357- 423.

MANGANI, G. "Abraham Ortelius and the hermetic meaning of the cordiform projection". *Imago Mundi*, vol. 50, issue 1 (1998), 59 – 83.

MARGUET, F. (1917). *Histoire de la Longitude a la Mer: au XVIIIe Siécle, en France*. Paris: Agustin Challamel.

MARTÍNEZ- HIDALGO Y TERÁN, J. M. (1946). *Historia y leyenda de la aguja magnética: contribución de los españoles al progreso de la náutica*. Barcelona: Gustavo Gili.

MARTÍNEZ RUIZ, E. (dir.) (1999). *Felipe II, la Ciencia y la Técnica*. Madrid: Ed. Actas.

McCONNELL, A. (1980). *Geomagnetic instruments before 1900: an Illustrated Account of their Construction and Use*. London: Harriet Wynter,.

McCREADY, S. (2001a). "Beyond dead reckoning: Finding latitude and longitude without clocks". En: McCREADY, S. (ed.). *The discovery of time*. London: MQ Publications.

_____ (2001b). "The triumph of the clockmakers: Counting the minutes and the seconds". En: McCREADY, S. (ed.). *The discovery of time*. London: MQ Publications.

McMULLIN, E. "The Origins of the Field Concept in Physics". *Physics in Perspective*, 4 (2002), 13- 39.

MENTZER, R. "Jupiter's Moons and the Longitude Problem". *Mercury*, vol. 31, nº 3 (May/ June 2002), 34- 39.

MERTON, R. K. "Science, Technology and Society in Seventeenth Century England". *Osiris*, vol. 4 (1938), 360- 632.

MEYER, H. W. (1972). *A History of Electricity and Magnetism*. Norwalk, Connecticut: Burndy Library.

MIGNOLO, W. D. (1995). *The Darker Side of the Renaissance: Literacy, Territoriality and Colonization*. Ann Harbor: U. of Michigan Press.

MILLS, A. A. "The Lodestone: History, Physics, and Formation". *Annals of Science*, vol. 61, nº 3 (July 2004), 273- 319.

MONTGOMERY, S. L. (1999). *The Moon and the Western Imagination*. Tucson: The U. of Arizona Press.

MORANT, P. (1763). *The History and Antiquities of the county of Essex, vol. 1*. Wakefield, West Yorkshire: EP Publishing Ltd., 1978.

MÖRZER BRUYNS, W. F. J. (1994). *The Cross- Staff: History and Development of a Navigational Instrument*. Amsterdam: Vereeniging Nederlandsch Historisch Scheepvaart Museum; Rijksmuseum Nederlands Scheepvaart Museum; Zutphen; Walburg Instituut.

_____ (1996). “Longitude in the Context of Navigation”, en ANDREWES, W. H. J, (ed.): *The Quest for Longitude*. Cambridge, Mass: Collection of Historical Scientific Instruments, 1998, 43-48.

MOTTELAY, P. F. (1922). *Bibliographical History of Electricity and Magnetism*. London: C. Griffin & Co.

MULTHAUF, R. P; GOOD, G. (1986). *A Brief History of Geomagnetism and A Catalogue of the Collections of the National Museum of American History*. Washington D. C.: Smithsonian Institution Press.

NEEDHAM, J. (1962). *Science and Civilization in China, vol. IV: Physics and Physical Technology, part I*. Cambridge: Cambridge U. P.

_____ (1969). *La gran titulación: Ciencia y sociedad en Oriente y Occidente*. Martínez, R; Torre, M. T. de la (trads.) Madrid: Alianza, 1977.

NEWTON-SMITH, W. H. (1981). *La Racionalidad de la Ciencia*. Galmarini, M. A. (trad.). Barcelona: Paidós, 1987.

NORTH, J. D. (1994). *Historia Fontana de la Astronomía y la Cosmología*. Torres, E. (trad.). México: F. C. E., 2001.

PARKS, G. B. (1928). *Richard Hakluyt and the English Voyages*. 2nd ed. New York: Frederick Ungar Publishing, 1961.

PARRY, J. H. (1963): *The Age of Reconnaissance: Discovery, Explotation and Settlement, 1450 – 1650*. London: Phoenix Press, 2000.

_____ (1974). *El descubrimiento del mar*. Beltrán, J. (trad.) Barcelona: Crítica, 1989.

PELSENEER, J. “Gilbert, Bacon, Galilée, Kepler, Harvey et Descartes: leurs relations”. *Isis*, vol. 17, n° 1, (1932), 171- 208.

PERDOMO, I.; SÁNCHEZ, J. (2003). *Hacia un nuevo empirismo: la propuesta filosófica de Bas C. Van Fraassen*. Madrid: Biblioteca Nueva.

PÉREZ RANSANZ, A. R. (1999). *Kuhn y el cambio científico*. México: F. C. E.

PESIC, P. (2000). *Labyrinth: a search for the hidden meaning of science*. Cambridge, Massachussets; London: The MIT Press.

PIPER, K. L. (2002). *Cartographical fictions: maps, race and Identity*. New Brunswick, New Jersey: Rutgers U. P.

POGO, A. “Gemma Frisius, His Method of Determining Differences of Longitude by Transporting

Timepieces (1530), and his Treatise of Triangulation (1533)". *Isis*, vol, 22, n° 2 (Feb. 1935), 469 – 506.

PUMFREY, S. (1987a). *William Gilbert's Magnetic Philosophy, 1580- 1684: The Creation and Dissolution of a Discipline*. Ph. D. Dissertation, U. of London.

_____ "Mechanizing Magnetism in Restoration England – the Decline of Magnetick Philosophy". *Annals of Science*, vol. 44 (1987b), 1- 22.

_____ "O tempora, O magnes! A sociological analysis of the discovery of secular magnetic variation in 1634". *British Journal of the History of Science*, vol. 46 (1989), 181- 214.

_____ (1991). "The history of science and the Renaissance science of history", en PUMFREY, S; ROSSI, P; SLAWINSKY, H. (eds.). *Science, Culture and Popular Belief in Renaissance History*. Manchester: Manchester U. P., 48- 70.

_____ (2002a). *Latitude & the magnetic earth*. London: Icon Books, 2003.

_____ (2002b). "William Gilbert", en HARMAN, P; MITTON, S. (eds.). *Cambridge Scientific Minds*. Cambridge: Cambridge U. P., 6- 20.

PUMFREY, S.; Tilley, D. "William Gilbert: forgotten genius". *Physics World* (November 2003), 15-16

RABB, T. K. "Investment in English Oversea Enterprise, 1575- 16730." *The Economic History Review*, New Series, vol. 19, n°1 (1966), 70- 81.

RADELET DE GRAVE, P. (1991). *Les lignes magnétiques du XIIIème siècle au milieu du XVIIIème siècle*. Paris: CNRS, CDSH, SFHST....

_____ (1994). "Le Magnetisme et la Localisation en Mer", en WATELET, M. (dir.). *Gérard Mercator, cosmographe: le temps et l'espace*. Antwerpen: Fonds Mercator Paribas, 209- 219.

RANDALL, A. G. (1996). "The Timekeeper that Won the Longitude Prize", en ANDREWES, W. H. J, (ed.): *The Quest for Longitude*. Cambridge, Mass: Collection of Historical Scientific Instruments, 1998, 235-254.

RESNIKOFF, H. L.; WELLS Jr., R. O. (1973). *Mathematics in Civilization*. 2nd ed. enlarged and revised. New York: Dover, 1984.

REY PASTOR, J. (1942). *La ciencia y la técnica en el descubrimiento de América*. 3ª edic. Buenos Aires: Espasa- Calpe, 1951.

RICHARDS, E. G. (1998). *Mapping Time: the Calendar and its History*. Oxford: Oxford U. P., 2000.

RIOJA, A.; ORDÓÑEZ, J. (1999). *Teorías del Universo, vol. II: de Galileo a Newton*. Madrid: Síntesis.

ROLLER, D. H. D. "Did Bacon know Gilbert's *De Magnete*?" *Isis*, vol. 44, n° 1-2 (June 1953), 10- 13.

_____ (1959). *The De Magnete of William Gilbert*. Amsterdam: Menno Hertzberger.

- ROMERO, F.; BENAVIDES, R. (1998). *Mapas antiguos del mundo*. Madrid: Edimat.
- ROSSI, P. (1974). *Francis Bacon: de la magia a la ciencia*. Gómez, S. (trad.). Madrid: Alianza, 1990.
- _____ (1986). *Las arañas y las hormigas: una apología de la historia de la Ciencia*. Bignozzi, J. (trad.). Barcelona: Crítica, 1990.
- _____ (1997). *El nacimiento de la ciencia moderna en Europa*. Pons, M. (trad.) Barcelona: Crítica, 1998.
- ROWSE, A. L. (1955). *The Expansion of Elizabethan England*. London: MacMillan; New York: St. Martin's Press.
- SÁNCHEZ NAVARRO, J. (1998). "Canarias y la historia de la ciencia", en BELMONTE, J. A.; SÁNCHEZ, J. (coords.). *Ciencia y Cultura en Canarias: resultado del ciclo de conferencias del curso "5 siglos de ciencia en Canarias", con sede en el Museo de la Ciencia y el Cosmos en 1997*. Santa Cruz de Tenerife: OACIMC, 11-27.
- _____. (2001). "El juego de la imaginación: Galileo y la longitud", en MONTESINOS, J. L.; SOLÍS, C. (eds.): *Largo campo di Filosofare: EuroSymposium Galileo 2001*. Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia, 61- 84.
- SANDFORD, F. "Some early theories regarding electrical forces –the Electric Emanation Theory". *The Scientific Monthly*, vol. 12, nº 6 (1921), 544- 550.
- SANTANA DE LA CRUZ, C. M. (2005). *Explicación, Experimentos y Tecnología*. Tesis Doctoral. Universidad de La Laguna.
- SARASA BARA, E. (2005). *Isabel I, Reina de Inglaterra: la Reina Virgen*. Madrid: Edimat.
- SARTON, G. "Simon Stevin of Bruges (1548- 1620)". *Isis*, vol. 21, nº 2 (Jul. 1934), 241- 303.
- _____ (1958). *Six Wings: men of Science of the Renaissance*. London: The Bodley Head.
- _____ (1959). *Historia de la Ciencia: Ciencia y cultura helenísticas en los últimos tres siglos a.C.*, vol. ****. Buenos Aires: Editorial Universitaria, 1965.
- SCAFI, S. (1999). "Mapping Eden: Cartographies of Earthly Paradise, en COSGROVE, D. (ed.). *Mappings*. London, Reaktion Books, 50-70.
- SELLÉS, M. (1994). *Instrumentos de navegación del Mediterráneo al Pacífico*. Barcelona: Lundberg.
- SHAPIN, S. (1996). *La Revolución Científica: una interpretación alternativa*. Romo, J. (trad.) Barcelona: Paidós, 2000.
- SHIPLEY, B. C. "Gilbert, Translated: Silvanus P. Thompson, the Gilbert Club, and the Tercentenary Edition of *De Magnete*". *Canadian Journal of History/ Annales canadiennes d'histoire*, Vol. XXXVIII (August/ Août 2003), 259- 279.
- SINGER, C. "Dr. William Gilbert (1544- 1603)". *Journal of the Royal Naval Medical Service*, 1916, 1- 15.

SNYDER, J. P. (1987). *Map Projections: a working manual*. Washington: U. S. Government Printing Office.

_____ (1989). *An Album of Map Projections*. Washington: U. S. Government Printing Office.

_____ (1993). *Flattening the Earth: Two Thousand years of Map Projections*. 2nd ed. Chicago: U. of Chicago Press, 1997.

SOLÍS, C. (1994). *Razones e intereses: la historia de la ciencia después de Kuhn*. López, A.; Pascual, M. J. (Trads.). Barcelona: Paidós.

SOLÍS, C.; SELLÉS, M. (2005). *Historia de la Ciencia*. Madrid: Espasa Calpe.

SOVEL, D. (1995). *Longitud: La verdadera historia de un genio solitario que resolvió el mayor problema científico de su tiempo*. Casas, F. (trad.) 2^a ed. Madrid: Debate, 1998.

STEARNS, R. P. "The Scientific Spirit in England in Early Modern Times (c. 1600)". *Isis*, vol. 34, n° 4 (1943), 293- 300.

STEPHENSON, B.; BOLT, M; FRIEDMAN, A. F. (2000). *The Universe Unveiled: Instruments and Images through History*. Cambridge: Cambridge U. P. Chicago: Adler Planetarium & Astronomy Museum.

STEWART, L. (1992). *The Rise of Public Science: Rhetoric, Tecnology and Natural Philosophy in Newtonian Britain, 1660- 1750*. Cambridge: Cambridge U. P.

STIMSON, A. (1996). "The Longitude Problem: The Navigator's Story", en ANDREWES, W. H. J, (ed.): *The Quest for Longitude*. Cambridge, Mass: Collection of Historical Scientific Instruments, 1998, 71-84.

STRANGWAY, D. W. (1970). *History of the earth's magnetic field*. New York: McGraw- Hill.

STRONG, H. M. "Universal World Time". *Geographical Review*, vol. 25, n° 3 (Jul, 1935), 479 – 484.

SUAY ARTAL, J. (2000). *Análisis pormenorizado de un problema crucial de Geografía Matemática: la determinación del punto*. Tesis Doctoral: Universidad de Alicante.

SUTER, R. "Dr. Gilbert and his Predecessors." *The Scientific Monthly*, vol. 71, n° 2 (1950), 138.

_____. "A Biographical sketch of Dr. William Gilbert of Colchester". *Osiris*, vol. 10 (1952), 368- 384.

TAGÜEÑA, J.; MARTINA, E. (1988). *De la brújula al espín: el magnetismo*. [versión electrónica]. México: F. C. E., 1997.

TAYLOR, A. (2004). *The world of Gerard Mercator: the Mapmaker who Revolutionised Geography*. London: Harper Perennial, 2005.

TAYLOR, E. G. R. "William Bourne: a Chapter in Tudor Geography". *The Geographical Journal*, vol. 72, n. 4 (1928), 329- 339.

_____. “Jean Rotz: His Neglected Treatise on Nautical Science.” *The Geographical Journal*, vol. 73, n° 5 (1929), 455- 459.

_____ (1930). *Tudor Geography, 1485- 1583*. New York: Octagon Books, 1968.

_____ (1934a). *Late Tudor and early Stuart geography, 1583- 1650: a sequel to Tudor geography, 1485- 1583*. London: Methuen.

_____. “Early Empire Building Projects in the Pacific Ocean, 1565- 1585”. *The Hispanic American Historical Review*, vol. 14, n° 3 (1934b), 296- 306.

_____ (1943). *Ideas on shape, size, and movements of the earth*. London: King & Staples.

_____ “Richard Hakluyt”. *The Geographical Journal*, vol. 109, n. 4- 6 (1947), 165- 171.

_____ (1954) *The Mathematical Practitioners of Tudor & Stuart England*. Cambridge: Cambridge U. P., 1967.

_____ (1956). *The Haven-Finding Art: a History of Navigation from Odysseus to Captain Cook*. London: Hollis & Carter.

_____ “Gerard Mercator: A.D. 1512- 1594.” *The Geographical Journal*, vol. 128, n° 2 (1962), pp. 201- 202.

The Biographical Mirrour, comprising a series of ancient and modern English Portraits, vol. II. [versión electrónica]. London: s/e, 1798.

THOMAS, H. (2003). *El Imperio español: de Colón a Magallanes*. Pozanco, V. (trad.). Barcelona: RBA, 2005.

THOMPSON, S. P. (1891). *Gilbert, of Colchester; and Elizabethan magnetizer*. London: Chiswick Press.

_____ (1901). *Notes on the De Magnete of Dr. William Gilbert*. London: Privately Printed.

_____ (1903a). *William Gilbert, and terrestrial magnetism in the time of Queen Elizabeth*. London: Chiswick Press.

_____ “William Gilbert and Terrestrial Magnetism”. *The Geographical Journal*, vol. 21, n° 6 (June 1903b), 611- 618.

_____ (1903c). *Gilbert, physician: note prepared for the three-hundreth anniversary of the death of William Gilbert of Colchester, president of the Royal College of Physicians, & Physician to Queen Elizabeth*. London: Chiswick Press.

_____ (1903d). *Gilbert of Colchester, father of electrical sciences: a reprint of the chapter on electrics from De Magnete, lib. 2*. London: Chiswick Press,.

_____. “The Family and Arms of Gilbert of Colchester”. *Transactions of the Essex Archeological Society, New Series*, vol. 9 (1906), 197-211.

_____ (1914). *The Rose of the Winds: the origin and development of the compass-card*. London: Oxford U. P.

THORNDIKE, L. "John of St. Amand on the Magnet". *Isis*, vol. 36, n° 3- 4 (octubre, 1946), 156-157.

THROWER, N. J. W. (1996a). *Maps & Civilization: Cartography in Culture and Society*. 2nd ed. Chicaco: The U. of Chicago Press, 1999.

_____ (1996b). "Longitude in the Context of Cartography", en ANDREWES, W. H. J, (ed.): *The Quest for Longitude*. Cambridge, Mass: Collection of Historical Scientific Instruments, 1998, 49-62.

_____. "A Primer on Projections: The Three- Dimensional World in Two Dimensions". *Mercator's world*, n° 6 (nov.-dic. 2000), 32- 38.

TILLYARD, E. M. W. (1943). *La cosmovisión isabelina*. Uvilla, J. (trad.). México: F. C. E., 1984.

TURNER, A. J. "In the Wake of the Act, but Mainly Before", en ANDREWES, W. H. J, (ed.): *The Quest for Longitude*. Cambridge, Mass: Collection of Historical Scientific Instruments, 1998, 115-132.

TURNER, D. M. (1927). *Makers of Science: electricity and magnetism*. London: Oxford U. P.

TURNER, G. (1983). *Nineteenth- Century Scientific Instruments*. London: Sotheby Publications; Berkeley: U. of California Press.

VAN HELDEN, A. (1996). "Longitude and the Satellites of Jupiter", en ANDREWES, W. H. J, (ed.): *The Quest for Longitude*. Cambridge, Mass: Collection of Historical Scientific Instruments, 1998, 85-100.

VENN, J.; VENN, J. A. (comps.) (1922). *Alumni Cantabrigienses: a biographical list of all known students, graduates and holders of office at the University of Cambridge, from the earliest times to 1900, part I: from the earliest times to 1751, vol. II*. Neudeln, Liechtenstein: Kraus Reprint, 1974.

VERSCHUUR, G. L. (1993). *Hidden Attraction: the History and Mistery of Magnetism*. New York: Oxford U. P.

WARNER, D. "Terrestrial Magnetism: for the Glory of God and the Benefit of Mankind." *Osiris*, 2nd series, vol. 9 (1994), 66- 84.

WARNER, O. (1958). *English Maritime Writing: Hakluyt to Cook*. London: Longmans, Green.

WATERS, D. W. (1958). *The Art of Navigation in England in Elizabethan and Early Stuart Times*, 3 vols. 2nd ed. with revisions. Greenwich: National Maritime Museum, 1978.

WEAR, A. (2000). *Knowledge and Practice in English Medicine, 1550-1680*. Cambridge: Cambridge U. P.

WEBSTER, C. (1982). *De Paracelso a Newton: la magia en la de la ciencia moderna*. Miquel, Á.; Lucotti, C. (trads.). 1^a reimp. de la 1^a ed. esp., 1988. México: F. C. E., 1993.

WHEWELL, W. (1837). *History of the Inductive Sciences, vol. IV, part II*. Reprint of the 3rd ed., 1857. London: Frank Carr and Co., 1967.

_____ (1840). *The Philosophy of the Inductive Sciences, founded upon their History*, vol. II. [versión electrónica]. London: John W. Parker, 1847.

WHITAKER, E. A. (1999). *Mapping and Naming the Moon: a history of lunar cartography and Nomenclature*. Cambridge: Cambridge U. P.

WHITTLE, E. S. (1984). *The inventor of the marine chronometer: John Harrison of Foulby (1693-1776)*. Wakefield: Wakefield Historical Publications.

WILFORD, J. N. (1981, 2000). *The Mapmakers: The Story of the Great Pioneers in Cartography – from Antiquity to the Space Age*. Revised edition. London: Plimlico, 2002.

WILLIAMS, J. E. D. (1992). *From Sails to Satellites: the origin and development of navigational science*. Oxford: Oxford U. P.

WILLIAMSON, J. A. (1937). *The voyages of John and Sebastián Cabot*. London: G. Bell.

WOLTER, J. A.; GRIM, R. E (eds.) (1997). *Images of the World: the Atlas through history*. Washington: Library of Congress.

WOODS, A. (1893). *Athenae Oxoniensis*, vol. I. 3rd ed. Hildesheim: Olms, 1969.

YATES, F. A. (1964). *Giordano Bruno y la Tradición Hermética*. Bergadá, D. (trad.) 1^a reimp. De la 1^a edic. en esp, 1983. Barcelona: Ariel, 1994.

_____ (1967). “The Hermetic Tradition in Renaissance Science”. En: SINGLETON, C. S. (ed). *Art, Science, and History in the Renaissance*. Baltimore: John Hopkins Press.

_____ (1979). *La Filosofía Oculta en la Época Isabelina*. Gómez, R. (trad.). 1^a reimp. de la 1^a edic. en esp., 1982. México. F.C.E.: 1992.

ZERUBAVEL, E. “The Standarization of Time: a Sociohistorical Perspective”. *The American Journal of Sociology*, vol. 88, n° 1 (Jul, 1982), 1 – 23.

ZILSEL, E. “The Sociological Roots of Science”. *Social Studies of Science*, vol. 30, n° 6 (Dec. 2000), 935- 949 [Originally published in: *The American Journal of Sociology*, vol. 47 (1942), 544-562].