

FISICA Y ASTRONOMIA MODERNAS EN LA OBRA DE VICENTE MUT

VICTOR NAVARRO BROTONS

Centro de Documentación e Informática Biomédica,
Facultad de Medicina, Univ. de Valencia, España.

SUMMARY

Vicente Mut (Palma de Mallorca, 1614-1687) was a principal figure in the introduction of new scientific ideas in Spain in the middle decades of the seventeenth century. The first references to Galileo's mechanics in Spanish printed scientific literature appear in the discussion of ballistics in his treatise on military fortifications (1664).

Mut's scientific work was concentrated primarily in the field of astronomy. He published three works, which we analyze here for the first time. In particular, we note (1) a method, inspired by Scheiner, of measuring the apparent diameter of the Sun; (2) Mut's observations of the comet of 1664 and his hypothesis that this comet's trajectory was parabolic; and (3) the description of planetary movements according to the simple elliptical hypothesis of Bouillau-Ward, with Mut's discussion of Bouillau's

RESUMEN

Vicente Mut (Palma de Mallorca, 1614-1687) fue uno de los principales protagonistas de la introducción en España de los nuevos conocimientos científicos en las décadas centrales del siglo XVII. En su tratado de fortificación (publicado en 1664) en el contexto de la discusión de cuestiones de balística, figuran las primeras referencias a la mecánica galileana de la literatura española impresa del siglo XVII. La producción científica de Mut destacó sobre todo en el terreno de la astronomía. Publicó tres trabajos, cuyo primer análisis ofrecemos, señalando particularmente: 1) Un método inspirado en Scheiner para medir el diámetro aparente del Sol; 2) Las observaciones del cometa de 1664 y la hipótesis de que la trayectoria de dicho cometa era parabólica; 3) La descripción de los movimientos planetarios según la hipótesis elíptica simple de Bouillau-Ward, con la

subsequent rectifications of the hypothesis. He was also a correspondent of various Jesuit scientists, such as Kircher and Riccioli. The latter assimilated Mut's observations and methods in his own works.

discusión de Mut de las ulteriores rectificaciones de Boulliau de esta hipótesis. Fue además correspondal de varios científicos jesuitas como Kircher y Riccioli. Este último incluyó en sus obras métodos y observaciones del mallorquín.

Vicente Mut nació en Palma de Mallorca el 25 de octubre de 1614. Su padre Juan Odón Mut, era "capitán de caballos y lanzas" al servicio de Felipe III. Cursó humanidades con los jesuitas, cuya sotana llegó a vestir, aunque durante muy pocos meses. Posteriormente estudio matemáticas y jurisprudencia y siguió la carrera militar hasta llegar a ser sargento mayor de la ciudad de Palma, contador e ingeniero. Desempeñó también, la profesión de abogado, fue jurado de la ciudad y, desde 1641, cronista general de su patria. Murió en Palma el 27 de abril de 1687.¹

Mut publicó obras de historia, hagiografía, táctica militar, fortificación y astronomía. Como historiador y cronista destaca su *Historia del Reino de Mallorca* (Mallorca, 1650) escrita como continuación de la de Juan Dameto. Como científico, la importancia de este autor reside, sobre todo, en sus trabajos de astronomía, que lo convierten, sin duda, en el más notable de los astrónomos prácticos españoles del siglo XVII, junto a su discípulo y amigo José de Zaragoza.² En este sentido, el estudio de la obra de Vicente Mut resulta indispensable para reconstruir el proceso de introducción en España de la "nueva ciencia".

Su interés por la astronomía debió ser muy temprano, ya que en las *Efemérides Generales de los movimientos de los cielos por LXIV años, desde el de 1637 hasta el 1700 según Tichon y Copérnico* (Barcelona, 1638) del portugués L. Freire de Silva, figura un soneto al autor de Vicente Mut.

En 1652 estuvo en Madrid, donde realizó varias observaciones de eclipses, según consta por sus propios testimonios.³ De este hecho y de la referencia a una carta de un tal "Andreas Brisuela", en la cual éste le transmite los datos obtenidos por los padres jesuitas de Madrid sobre un eclipse de Luna,⁴ cabe pensar que mantuvo relaciones científicas con los matemáticos del Colegio Imperial. No obs-

tante, la mayoría de las observaciones astronómicas las realizó desde su ciudad natal, en colaboración con Miguel Fuster.

En las páginas que siguen intentaremos dar una primera noticia de los trabajos astronómicos de Vicente Mut, así como de sus ideas sobre la nueva mecánica tal como aparecen reflejadas en su tratado de fortificación.

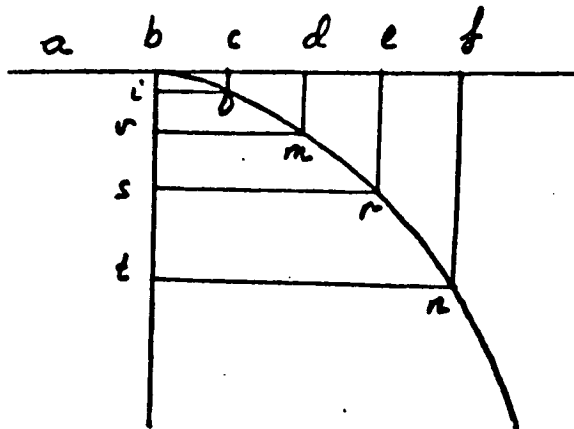
1. Vicente Mut y la nueva mecánica

En el tratado de fortificación del autor mallorquín titulado *Arquitectura militar* (Mallorca, 1664) hemos encontrado el primer intento de incorporación de la dinámica galileana para el estudio del tiro de proyectiles y las primeras referencias a la nueva mecánica de toda la literatura española del siglo XVII. Al menos según nuestro conocimiento.⁵ Así, al estudiar los “tiros de proyección”⁶ dice que una bala disparada verticalmente desde lo alto de una galera, por mucha velocidad que esta última lleve, caerá al pie del árbol. La causa de este comportamiento del proyectil, según Mut, es que “la bala toma la dirección de la línea que forma el movimiento de quien la arroja” de modo que cae al pie del árbol porque “va siguiendo la dirección del impulso”. El texto es, desde luego, ambiguo e impreciso y poco nos aclara de lo que el mallorquín había comprendido de la nueva ciencia del movimiento y, en particular, de las nociones de sistema físico y, de la interdependencia y composición de movimientos. No obstante, la referencia inmediata a Galileo, Mersenne y Gassendi, para más detalles sobre el asunto, indica inequívocamente la fuente de estas ideas toscamente expuestas.

Más adelante, y siempre en el contexto de la discusión de cuestiones de balística, menciona confusamente la ley galileana de la caída de graves: “la bala o piedra, cuando va cayendo al suelo, en cada espacio adquiere velocidad en duplicada razón de los tiempos y la aceleración le produce ímpetu violento. No es sólo movimiento natural, porque fuera igual, sino que es mixto de natural y violento, sin incompatibilidad alguna;...”⁷ El enunciado, tomado al pie de la letra, es evidentemente erróneo. No obstante, al estudiar el caso del tiro horizontal, analiza correctamente la trayectoria del proyectil en forma parabólica, basándose en el carácter mixto del movimiento y en la proporcionalidad entre los espacios recorridos y los cuadrados de los tiempos.

“En la figura 22 (véase fig. adjunta) sea el tiro de puntería *ab* y saliendo della la

bala, va cayendo por *bomr* que es línea parabólica en la más recibida opinión (véase a Galileo in mechà. Gassendo de motu impres. Mersennio in Phisic. mathe.)".⁸



Su razonamiento básicamente idéntico al que figura en los *Discorsi* de Galileo,⁹ es el siguiente: Si la línea *bmn* es una semiparábola, por la proposición 20 del libro I de las *Cónicas* de Apolonio, los segmentos sobre el eje *bi*, *bv*, *bs*, y *bt* son entre sí como los cuadrados de las ordenadas *io*, *vm*, *sr*, *tn*. Si suponemos que la línea *bf* señala también el tiempo de caída, resulta inmediatamente que las distancias de caída *bi*, *bv*, *bs*, *bt*, son proporcionales, a los cuadrados de los tiempos empleados en dicha caída *io*, *vm*, *sr* y *tn*.

Es decir, si la línea es una semiparábola, el movimiento vertical de caída se efectúa con la ley galileana de proporcionalidad entre los espacios y los cuadrados de los tiempos. Por el contrario, cualquier otra línea —como el círculo que inicialmente postuló Tartagliano se ajusta a esta condición.¹⁰

2. La astronomía

En lo que se refiere a la astronomía, Vicente Mut publicó tres obras: *De sole alfonsino restituto* (1694), *Observationes motuum caelestium* (1666) y *Cometarum anni MDCLXV* (1666).¹¹

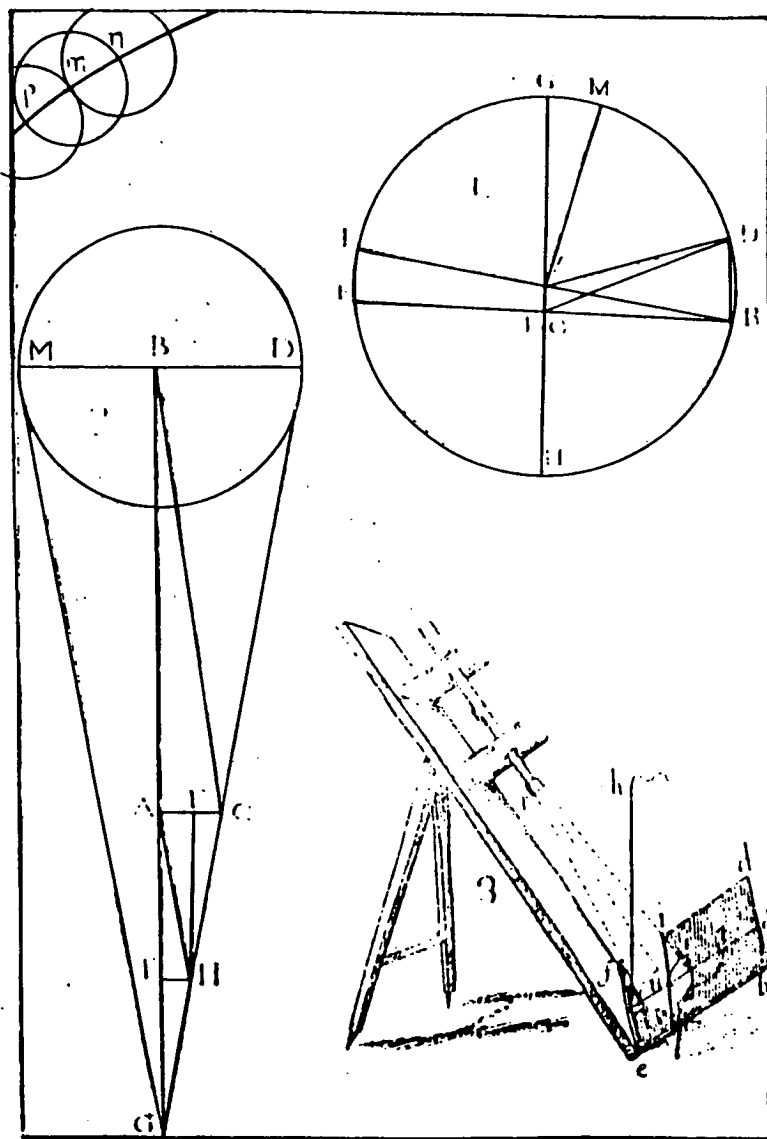
Como señala Cotarelo,¹² *De Sole Alfonsino restituto* es una investigación acerca del diámetro del Sol, de su paralaje y de la anchura de la sombra terrestre. Lo que Mut pretende con esta obra —o al menos, lo que dice pretender— es mostrar como las *Tablas Alfonsinas* en lo tocante a los movimientos del Sol mantienen su vigencia. Para ello presenta gran cantidad de observaciones realizadas por él mismo, cuyos resultados contrastan con las observaciones y tablas de otros muchos autores.

La estimación del diámetro aparente del Sol la realiza valiéndose de un dispositivo inspirado en el que empleó Scheiner para observar las manchas solares, consistente en obtener la imagen del astro a su paso por el meridiano en una pantalla perpendicular al eje óptico del telescopio (véase figura adjunta). La variación de la declinación del sol en días sucesivos da el ángulo que éste recorre en el meridiano. Al propio tiempo, a esta variación en la declinación le corresponde un desplazamiento proporcional de la imagen en la pantalla. Estimando previamente la longitud de la imagen del diámetro solar, una sencilla relación de proporcionalidad permite determinar el diámetro aparente buscado.

Mut describe detalladamente el dispositivo empleado y los requisitos que deben cumplirse: gran estabilidad del instrumento y del lugar donde se le sitúe, hacer las observaciones en el cielo sereno para obtener una imagen nítida del Sol, medir con precisión el ángulo de la pantalla con la vertical, etc.¹³

La técnica empleada por el astrónomo mallorquín fue recogida por Riccioli en el *Almagestum Novum* y por Dechales en su *Cursus seu mundus mathematicus*. Riccioli, tras describir con detalle el dispositivo y ofrecer los resultados encontrados por Vicente Mut, elogia el ingenio de éste. Pero a continuación expresa serias reservas respecto de que puedan cumplirse con exactitud las condiciones para eliminar las causas de error.¹⁴

Dechales, al describir los distintos procedimientos propuestos para medir el diámetro aparente del sol, comenta el de Vicente Mut, atribuyendo su invención a éste y al francés Gabriel Mouton: "Haec methodus est Domini Muti Maioricas, militum praefecti, et Domini Mouton in Ecclesia Lugdunensi Sancti..."¹⁵. La atribución a Mouton parece errónea, ya que la obra de este autor, *Observationes diametrorum solis et lunae apparentium* (Lyon, 1670), es bastante posterior y los resultados que en ella se exponen, sobre el diámetro aparente del sol, corresponden, según Baylli, a observaciones realizadas en 1659 y 1661. Por otra parte, el método empleado por Mouton se basa en la utilización del péndulo para medir



La figura 3 representa el dispositivo utilizado por Vicente Mut para medir el diámetro aparente del Sol.

el tiempo que el globo solar emplea en atravesar el meridiano.¹⁶ Debe añadirse también que los resultados obtenidos por el astrónomo francés para el diámetro aparente del sol en el apogeo: 31' 31" frente a los 31' 18" de Mut, están mucho más de acuerdo con las determinaciones actuales.

Dejando aparte el ánimo vindicador del mallorquín, lo que esta primera obra nos muestra ya, es su considerable cultura en el terreno de la astronomía. Así lo prueban las continuas referencias a Tycho Brahe, Kepler, Gassendi, Lansberg y otros astrónomos contemporáneos.

Diecisiete años después de la aparición de *De Sole Alphonsino restituto*, publicó Mut otros dos trabajos de Astronomía, fruto de más de 20 años de estudio y paciente observación de los cielos. Entre tanto, no obstante, muchas de sus observaciones ya habían sido dadas a conocer por Riccioli en sus obras *Almagestum novum* (1651) y *Astronomía reformata* (1665). Los títulos de los trabajos de Mut a que nos referimos son los ya citados: *Commetarum anni MDCLXV. Enarratio physico-mathematica* y *Observationes Motuum Caelestium cum adnotationibus Astronomicis, et meridianorum differentiis ab eclipsibus deductis*.

Commetarum es un opúsculo de 20 páginas dedicado al cometa de 1664 con algunas observaciones relativas a otro cometa aparecido en 1665.

No deja de consignar Vicente Mut en su obra las observaciones que, realizadas en Valencia, le comunicaba su discípulo y amigo José de Zaragoza, así como las de otros observadores mallorquines como Miguel Fuster. En una detallada tabla leemos la evolución del cometa a lo largo de los meses de diciembre y enero: en ella figuran la hora de observación, la longitud, la latitud, el ángulo de la órbita con la eclíptica, y la distancia al nodo.¹⁷ En lo tocante a la trayectoria, señala Mut que, relegada la creencia de los peripatéticos en la impenetrabilidad de los cielos, los autores modernos como Kepler, Galileo, Cysatus y Gassendi (siguiendo a Séneca) sitúan a los cometas en la suprema región del aire o bien en el éter, según un movimiento de trayectoria rectilínea en el plano de un círculo máximo. Esta opinión le parece a Mut plausible, porque se ajusta correctamente a todos los fenómenos de los cometas, pero piensa que "hay que añadir algo a esta sentencia".¹⁸

"Como el cometa de este año (1664) trazó casi un semicírculo en contra del orden de los signos, parece imposible que pasara desde Libra hasta Aries con

movimiento rectilíneo, como por una cuerda, puesto que en dicha trayectoria recta hubiera estado próximo a la Tierra, incluso extraordinariamente cerca, con un desmesurado paralaje, que de hecho no fue tan enorme. Esta dificultad también se plantea con el sistema que acepta el movimiento de la Tierra, de modo que el cometa que, por su trayectoria rectilínea, nosotros temíamos que cayera en la Tierra, Kepler temía también que chocara con el Sol".¹⁹

Para explicar la razón de que puede aparecer como un semicírculo asimila, a modo de analogía, el movimiento del cometa a la trayectoria parabólica de un proyectil, tal como la estudió en su *Arquitectura militar*. Así el cometa, "al debilitarse su impulso", se desvió de la línea recta continuando con movimiento mixto o parabólico.²⁰ La explicación por analogía con la trayectoria de los proyectiles es la misma que la que daría Hevelius. Pingré, en su *Cometographie*, dice, a propósito de Mut:

"Deux ans avant l'impression de la Cométographie d'Hevelius, Vicent Mut, dans un Ecrit sur les Comètes, imprimé à Majorque en 1666, avoit décidé que la trajetorie de la Comète de 1664 n'avoit pas été parfaitement rectiligne; qu'on devoit la supposer un peu fléchie dans une direction parabolique, si on vouloit expliquer comment la Comète, par son mouvement apparent, avoit pu parcourir presque un demi-cercle entier, contre l'ordre des signes".²¹

La tercera obra de Astronomía de Vicente Mut es *Observationes motuum caelestium cum adnotationibus astronomiis, et meridianorum differentis ab eclipsis deductis*. En la curiosa dedicatoria que precede al texto, el autor nos declara francamente los fines que persigue con su publicación: "Ofrezco estas observaciones a quien desee someter a examen las tablas de los movimientos celestes".²² Seguidamente nos da una breve noticia de los autores contemporáneos que más habían contribuido al progreso de la astronomía: "Con los medios de la antigua astronomía, el gran Atlas que fue Tycho Brahe sostuvo esta mole sobre sus robustísimos hombros, al que —agobiado como estaba bajo tan grande carga— ayudó Longomontano. En el mismo escenario sudó y sintió frío Kepler, que tabuló los movimientos de Marte con cifras más precisas. Lansberg intentó sistematizar los movimientos celestes para todos los siglos. Vendelino, eliminando la ecuación de los días naturales, creyó haber calculado de modo definitivo los eclipses en sus Tablas Atlánticas. Bullialdo aportó algunas novedades con sus Tablas Filolaicas. Juan Domingo Cassini formuló la teoría del Sol con precisas proporciones. El Padre Juan Bautista Riccioli, en su Nuevo Almagesto, estructuró todo el saber astronómico con sabia pluma y obser-

vaciones muy exactas, posibilitando mayores cosas". A pesar de ello, añade, "las observaciones de los autores más recientes demuestran que subsisten todavía dificultades que hay que superar y exigen que se intenten comprobaciones más precisas en la armonía de los movimientos celestes". Se lamenta de que "algunos insignes astrónomos, que consignan con gran precisión sus propias observaciones, hayan mutilado extraordinariamente las ajenas que podían servir para refutar sus hipótesis preconcebidas". Termina diciendo que "no dedica este opúsculo a ningún patrocinador, ya que tan pequeña obra no necesita de las riquezas de un mecenas y prefiero la crítica al elogio. Además, no he visto ningún libro bien acogido por causa de su patrocinador".

Como ya hemos apuntado, muchas de las observaciones contenidas en este libro habían sido incluidas ya por Riccioli en el *Almagestum Novum* y en la *Astronomía Reformata* (ambos publicados con fecha anterior a las *Observationes*). El astrónomo italiano conocía bien los trabajos de Vicente Mut, a través de la comunicación epistolar que ambos mantenían.²³

La obra de Mut que ahora consideramos, consta de tres capítulos: el primero, titulado "Observationes eclipsum cum annotationibus astronomicis", está dedicado a describir distintas observaciones de eclipses lunares realizadas con un antejo telescópico compuesto de dos lentes convexas —el descrito por Kepler— y de "casi ocho palmos" (aprox. 160 cms.) y las conclusiones que de dichas observaciones obtiene Mut acerca del paralaje y diámetro de la luna, paralaje horizontal del Sol, etc., utilizando las tablas astronómicas de Kepler, Lansberg, etc. Concluye el capítulo con una tabla resumen, señalando como estas observaciones exigen, de acuerdo con Kepler, que la excentricidad del Sol sea casi bisecta. Esto supone una importante modificación de las opiniones expresadas por Mut en *De sole Alphonsino restituto*, donde todavía se inclinaba por una teoría solar pre-kepleriana.²⁴

El capítulo II se titula: "Observationes planetarum cum adnotationibus Astronomicis, praesertim circa motus per Ellipses". Comienza con una descripción del método que ha empleado para adaptar su telescopio a la medida de distancias angulares celestes. Consiste en colocar "cerca del foco interior del ocular, un anillo atravesado por hilos finísimos, que forman cuadrados iguales muy pequeños, de modo semejante a las retículas utilizadas para reducir figuras. De esta manera, la superficie lunar o el espacio celeste que abarca el telescopio, se observa subdividido en muchos cuadrados iguales, cuyos lados se miden...". El método que emplea para medir dichos lados consiste "en primer término, con las

manchas de la luna. En segundo, con la Estrella Polar alrededor del meridiano, pasando frente al campo visual del telescopio, mientras un ayudante cuenta las oscilaciones de un péndulo, lo que permite obtener el tiempo y el arco recorrido. En tercer lugar, observando la aproximación de Saturno o de Júpiter a cualquier estrella fija...".²⁵

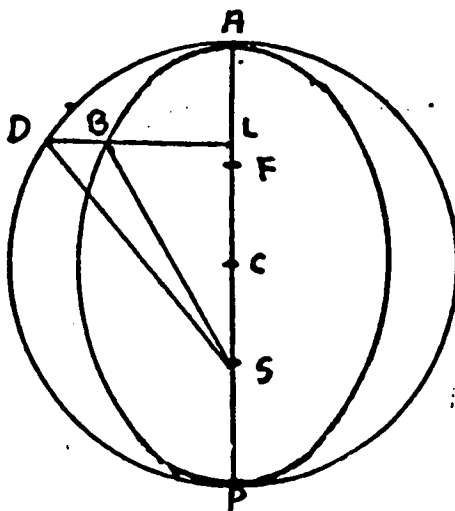
Con el telescopio así dispuesto obtiene Mut gran cantidad de observaciones de los planetas. Riccioli en la tabla de los diámetros de los planetas inferiores del *Almagestum*, señala a Mut entre los autores que ha utilizado para componerla.²⁶ Y en otro lugar²⁷ comenta las observaciones realizadas por Mut el 30 de Junio de 1649, del diámetro y movimiento retrógrado de Júpiter, señalando la coincidencia entre dichas observaciones y las suyas propias.

También en la *Astronomía Reformata* del mismo Riccioli, abundan las referencias a las observaciones de Mut, particularmente a propósito de los eclipses lunares, Júpiter, Marte, Venus y Saturno. En el capítulo IV del libro V, dedicado a Saturno, incluye Riccioli un cuadro comparativo entre los datos obtenidos por Mut sobre Saturno "prope Perigeum Excentrici" y los que se deducen de otras tablas: *Prutenicas, Danicas, Rudolfinas, de Lansberg* y de *Bullialdus*.²⁸

La primera ley de Kepler, es decir, el movimiento de los planetas según trayectorias elípticas, la menciona Mut a propósito de Marte "que entre los planetas es el más fugaz",²⁹ siguiendo así el camino del propio Kepler en su descubrimiento de dicha ley.³⁰ El astrónomo mallorquín reconoce que, para el caso de Marte, las tablas más adecuadas son las de Kepler, aunque están construidas a partir de un "abstrusísimo" cálculo por elipses. Seguidamente, tras señalar, de acuerdo con Boulliau, que el método de este autor —Kepler— no es geométrico,³¹ reafirma su convencimiento de que "los planetas se mueven por círculos, ya que el movimiento circular es más adecuado para la perpetuidad del giro en todas direcciones que sin interrupción repiten los cuerpos celestes que integran el universo...". No obstante, prosigue, como para facilidad del cálculo, el conjunto de círculos puede resolverse en elipses, pienso que deben admitirse sistemas formados por éstas...".³² En definitiva Vicente Mut se acoge aquí al viejo principio de que la misión del astrónomo es "salvar las apariencias".

A continuación procede a estudiar cómo puede tener lugar dicho movimiento por elipses.

En el siglo XVII, hasta Newton, muchos astrónomos aceptaron la 1ª ley de Kepler con entusiasmo, rechazando no obstante la segunda ley y sustituyéndola por una alternativa más simple aunque menos precisa. Efectivamente, la ley de las áreas resultaba difícil de aplicar en la práctica, dado que no proporcionaba una relación exacta entre la posición de un planeta y el tiempo. Así, si ABP es una elipse planetaria, siendo S el Sol, B la posición del planeta y AB el camino recorrido desde el afelio A, no hay una relación calculable directamente entre el área del sector ASB y el ángulo ASB. Kepler hizo el problema algo más accesible,

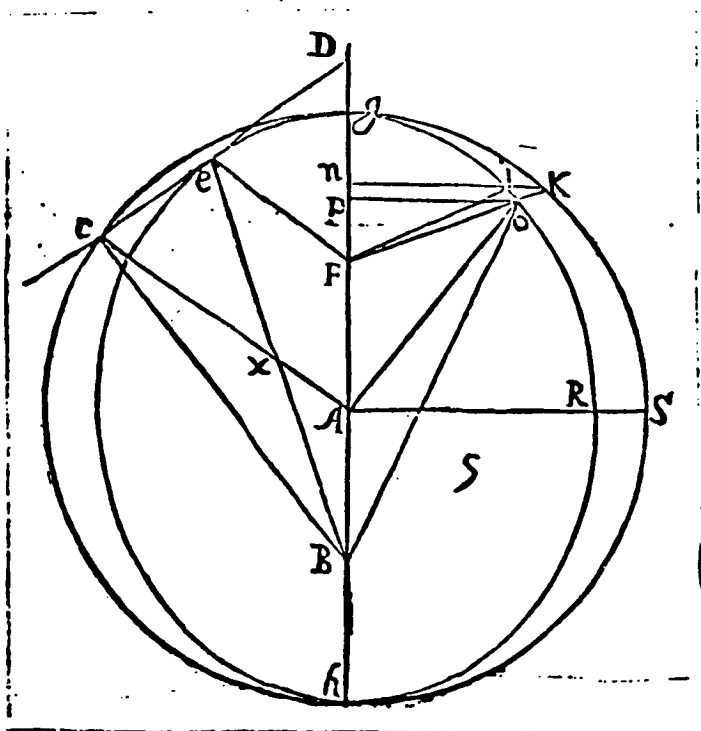


mostrando que la elipse podría reemplazarse por el círculo circunscrito ADP, ya que para cualquier punto B de la elipse hay una relación constante entre el área ASB y ASD, siendo DBL perpendicular a AP. Es decir, si SB barre iguales áreas en tiempos iguales, lo mismo sucede con SD. Entonces Kepler planteó su famoso problema a todos los matemáticos: dado un punto S en el diámetro AP de un círculo y dada el área de ASD, hallar el ángulo ASD. El gran astrónomo sospechó acertadamente que no hay una solución geométrica exacta y utilizó un método de ensayo y error para determinar la posición de un planeta en un tiempo dado.

Entre los que aceptaron la primera ley y rechazaron la segunda, destaca Ismael Boulliau. Este autor, en su obra *Astronomía philolaica* (1645), postuló un mo-

vimiento complicado con referencia a un cono, en lugar de la ley de las áreas. En 1653, el astrónomo inglés Seth Ward mostró que el esquema de Bouillau equivalía a suponer un movimiento angular uniforme con respecto al foco vacío de la elipse, idea que esencialmente equivale a la bisección de la excentricidad de Ptolomeo y que representaba una atractiva alternativa a la intratable ecuación de Kepler. A partir de entonces, con varias modificaciones y correcciones en la práctica, fue ampliamente usada por los astrónomos.³³

Mut como la mayoría de los astrónomos de su época, no entendió el verdadero alcance y significado de la obra de Kepler.³⁴ Por ello, ante la gran dificultad del método kepleriano, en lugar de la segunda ley de Kepler, utilizó la llamada hipótesis elíptica simple de Bouillau-Ward, consistente en suponer que el pla-



meta se mueve uniformemente (arcos iguales en tiempos iguales) respecto del segundo foco de la elipse (convertido en un punto ecuante).³⁵ De esta manera el

problema es como calcular la ecuación o protasfereses (diferencia entre el movimiento medio y el verdadero) dada la anomalía media y la excentricidad. Es decir, siguiendo a Mut, en la figura el ángulo EBC es la anomalía verdadera (ángulo recorrido por el planeta en E a partir de la línea de los ápsides GH) y EFG la anomalía media. FEB que es la ecuación, es igual a la diferencia de ambas. El problema se reduce, pues, a calcular FEB conociendo EFG y la excentricidad.

Sea Marte en E. Buscamos FEB y conocemos EFG y FB, excentricidad bisecta en A.

Tracemos la tangente a la elipse en E. $FED = BEC$ por las propiedades de la elipse (Mut remite a las Cónicas de Apolonio).

Tracemos AC paralela a EF. Dado que el triángulo XEC es isósceles, $XE = XC$.

Por otra parte BAX y BFE son semejantes y BA y AF iguales, luego BX y XE son iguales. Resulta de ello que BXC es también isósceles y por tanto $XBC = XCB$, siendo su suma igual a AXB , por ser este ángulo exterior al triángulo.

Los ángulos AXB y FEB son iguales. Así, el cálculo de FEB se reduce al cálculo de XCB.

De la semejanza entre BAX y BFE y de que FB es doble de AB se deduce:

$$BE + EF = 2 (BX + XA)$$

y por las propiedades de la elipse:

$$BE + EF = GH$$

luego $BX + XA = GH/2 = AG$

Pero $BX = XC$, ya que XBC es isósceles, como vimos arriba.

Por tanto $XC + XA = AG = AC$, luego C está en un círculo de radio AC.

Tenemos pues, un triángulo ABC del que:

AB es conocido (semiexcentricidad)

AC es conocido

BAC es suplementario de la anomalía media, que se supone conocida. Por tanto, se puede calcular ACB cuyo doble nos da la "ecuación" que se buscaba.

Señala Mut a continuación que con este método, la diferencia entre las posiciones observadas y las calculadas resulta en los octantes de casi 8' (este error es el que encontró Kepler a partir de su "hipótesis vicaria").³⁷ Por esta causa, dice, Kepler y Boulliau adoptaron en las tablas ecuaciones del centro no exactamente geométricas. Boulliau, —seguimos a Mut— reconociendo esto, en respuesta a las críticas de Seth-Ward,³⁸ enmendó un poco la trayectoria de Marte suponiendo que el planeta no está en I, sino en O (véase figura) de modo que la anomalía media verdadera es KFG.

A Mut le parece incongruente que la línea del movimiento medio FI no pase por O. De todos modos, acepta la corrección y propone un método mucho más simple que el que dá Boulliau para calcularla. Dicho método consiste en lo siguiente:

Por las propiedades de la elipse, "ex Elementis Ellipsium", $AR/AS = NI/KN$.

Pero $NI = \frac{\text{Tangente 'anomalía' media GFI}}{\text{Tangente 'anomalía' media verdadera GFK}}$

$$KN = \frac{\text{Tangente 'anomalía' media GFI}}{\text{Tangente 'anomalía' media verdadera GFK}}$$

Conocida la anomalía media verdadera y con el método anteriormente expuesto, se puede calcular la "ecuación"³⁹

El capítulo III de las *Observationes* se titula: "Locorum longitudes a superioribus Eclipsibus deductae".

Trata básicamente del cálculo de longitudes geográficas a partir de las observaciones de los eclipses. La obra termina con la descripción de un eclipse de Sol del año 1666.

NOTAS:

Una primera versión de este trabajo puede verse en mi tesis doctoral NAVARRO BROTONS (1978).

1. Para la biografía y relación de obras de Mut, véase BOVER (1868), p. 536; COTARELO VALLEDOR (1935), pp. 102-103; ALMIRANTE (1876) pp. 548-49 y PALAU y DULCET (1957), pp. 383-384.
2. José de Zaragoza residió, en la década 1650-1660, algunos años en Mallorca, donde contrajo amistad con Vicente Mut quien debió tener una decisiva influencia en su formación científica y en la orientación de sus estudios. Véase COTARELO VALLEDOR (1935) y mi tesis doctoral NAVARRO BROTONS (1978).
3. Así en MUT (1666 b), p. 23 se lee: "Anno 1692. D.8. Aprilis, Matriti, observavi initium eclipsis Solis..." y en la p. 24: "Matriti etiam eodem anno 1652. D. 17. Septembris, observavi Finem eclipsis Lunae..."
4. En MUT (1666 b), p. 4: "Matriti, D. Andreas Brisuela cum PP. Soc. Iesu observaverunt initium alto Syrio gr. 12,36, nempe 40.13.52".
5. No obstante, en una obra anterior de MUT (1649), p. 23, figura ya una breve referencia a las nuevas teorías sobre el movimiento de los graves en relación con el uso del péndulo para medir el tiempo. Véase nota 15.
6. MUT (1664), p. 40.
7. MUT (1664), p. 81.
8. MUT (1664), p. 82.
9. GALILEO (1638), pp. 272-273 (pp. 316-317 de la versión castellana de 1945).
10. Véase MUT (1664), pp. 81-84. La cita a Tartaglia la incluye el propio Mut: "Y no repares en que la caída de la bala sea parabólica; porque no pudiendo ser circular, como todos demuestran contra Tartalla, si ha de ser movimiento mixto, el ámbito curvo de la área es en los geometras línea parabólica..."
11. BOVER (1868), p. 536 cita también una *Tabla sobre los espacios horarios para fabricar los relojes de declinantes en la altura del polo de Mallorca* (sin e., ni impr., ni año).
12. COTARELO VALLEDOR (1935), p. 103. En este trabajo sobre José de Zaragoza, Cotarelo hace una breve mención a las obras de astronomía de Vicente Mut que creemos interesante reproducir. Dice Cotarelo de Mut: "hizo estudios notables sobre las Pléyadas, siendo el primero en medir sus distancias, publicó un trabajo acerca del diámetro del Sol, de su paralaje y de la anchura de la sombra terrestre y otro sobre movimientos del cielo con la determinación de meridianos deducidos de los eclipses. Tratando del cometa de 1664, explica su marcha suponiéndole trayectoria no perfectamente rectilínea, como se creía siguiendo a Keplero, sino algo curva en forma parabólica, por lo cual Pingré le coloca, acertadamente, entre los más directos predecesores de Newton". Recientemente, LOPEZ PIÑERO (1979), pp. 439-440, incorporando materiales de mi tesis doctoral (NAVARRO BROTONS (1978) ha dado una noticia más amplia y detallada de la obra del autor mallorquín.
13. MUT (1649), pp. 5-6.
14. RICCIOLI (1651), p. 735.
15. DECHALES (1674), 3, p. 432.

16. BAILLY (1785), pp. 234–235. Es interesante señalar que Mut, en su *De sole alfonsino...* (1649), había rechazado explícitamente la utilización del péndulo para medir intervalos de tiempo, porque tenía serias reservas sobre la precisión que se podía conseguir y, además, porque “recentiorun doctrina de vibrationibus Penduli valdè dubia est; et que de ipsius Oscillationibus inferunt ad motum naturaliter acceleratum fallaciora sunt: mihi namque certissimum est, omnia gravia adhuc inequalis ponderis eodem tempore cadere, nec spatia in duplicata ratione temporum peragere; de quibus alibi”. Mi impresión es que estas noticias sobre el péndulo y la caída de graves, cuya validez cuestiona e incluso niega, le debieron llegar a Mut a través de su corresponsal Riccioli, quien inicialmente también tuvo serias dudas sobre las teorías de Galileo. Más adelante Mut rectificó su opinión, quizás también bajo la influencia del propio Riccioli, y no vaciló en usar el péndulo para medir intervalos temporales, como puede verse en MUT (1666 b), p. 39. Sobre RICCIOLI véase KOYRE (1973), pp. 288–306 y CAMPEDELLI (1975).
17. MUT (1666 a), p. 12.
18. MUT (1666 a), p. 13: “sed aliquid huic sententia mihi videtur addendum”.
19. MUT (1666a), p. 13. La traducción al castellano de este fragmento, realizado en colaboración con López Piñero, la publicamos ya en LOPEZ PIÑERO, NAVARRO BROTONS y PORTELA MARCO (1976) p. 239.
20. MUT (1666 a), p. 14: “tanquam ignis artificialis, qui transuersim accensus, postea in arcum deflectit; vel tanquam projectile jactum, quod e motu recto languescens, inclinatur via Parabolica, ut dixi in Architectura Militari part. I. cap. 32. num. 10”.
21. PINGRE (1783–84), I, p. 143. También
- ANDRÈS (1782–1799), 4, p. 369, menciona el inteligente atisbo del mallorquín: “Un diligente osservatore e valente astronomo, Vincenzo Mut, frequentemente citato con molta lode del Riccioli, fu il primo, a mia notizia, che in un’opera pubblicata in Majorca nel 1666 desse ad una cometa una traiettoria incurvate in una direzione parabolica”.
22. MUT (1666 b), “Cuilibet”, pp. 1–2. La traducción al castellano de toda la dedicatoria la publicamos ya en LOPEZ PIÑERO, NAVARRO BROTONS y PORTELA MARCO (1976), pp. 238–239.
23. En el diccionario alfabético de autores que incluyó Riccioli en su *Almagestum novum* (1651), I XXVIII–XLVII, en pp. XLVI–XLVII menciona a Mut en los siguientes términos: “Vincentius Mutus Maioricensis, scripsit egregium opusculum de Sole Alphonsino: Huic ego plurimum debeo”. Ut fue también corresponsal de otro científico jesuita: Athanasius Kircher, al que Mut llama en su *De Sole...* (1649), p. 11, “Magnus Scrutator Nature, Coeli, et Soli”. Sobre la correspondencia de Mut con Kircher véase FLETCHER (1970), p. 62, y GLICK (1971).
24. En las teorías de Ptolomeo y Copérnico la órbita anual del Sol consistía de un simple excéntrico. Kepler, a partir de la hipótesis de que todos los planetas, incluida la Tierra, siguen análogas trayectorias, introdujo un ecuante para el movimiento de la Tierra —o para el del Sol, en astronomía geocéntrica— lo que implicaba la bisección de la excentricidad. Véase DREYER (1905), p. 381.
25. MUT (1666 b), pp. 38–39. La traducción al castellano de este texto la publicamos ya en LOPEZ PIÑERO, NAVARRO BROTONS y PORTELA MARCO (1976), pp. 241–242.
26. RICCIOLI (1651), p. 708: “Vincentius

- Mut in *Epistola ad me scripta de Iovis diámetro, cuius fragmentum recitabo capite sequenti*".
27. RICCIOLI (1651), p. 711.
 28. RICCIOLI (1665), I p. 285.
 29. MUT (1666 b), p. 63: "Aliquid obiter attingamus pro calculo Martis, qui inter Planetas fugacior est". Debemos insistir en la importancia de este texto para la historia de la astronomía moderna en España. Se trata de la primera mención conocida de toda la literatura española impresa en el siglo XVII sobre la obra de Kepler y, en particular, sobre la primera ley enunciada por este autor acerca de las trayectorias de los planetas.
 30. El estudio de Marte fue, como es sabido, decisivo en el proceso seguido por Kepler. Véase DREYER (1905), pp. 372-412; KOYRE (1961 b), p. 173 y ss. y WILSON (1968, 1969).
 31. MUT (1666 b), p. 63. Bouillau fue uno de los primeros astrónomos en aceptar la elipticidad de las órbitas; sin embargo, rechazó las explicaciones físicas de Kepler y, contra la astrofísica kepleriana, se mostró partidario de una astronomía geométrica que salvara la univormidad del movimiento circular. Asimismo, investigó el modo de reconciliar las órbitas elípticas con el movimiento circular uniforme. Véase MONTUCLA (1758), 2, pp. 338-339; BAILLY (1785), pp. 209-211; DREYER (1905), p. 420; BOYER (1947, 1970); RUSSELL (1964), pp. 16-17. Mut parece muy influido por el astrónomo francés; no obstante, su postura explícita, al adoptar la elipse, es la de acogerse a un cómodo expediente de cálculo. A pesar de todo, el instrumentalismo del mallorquín resulta bastante justificado si tenemos en cuenta las restrictivas condiciones ideológicas de la práctica científica en la España del siglo XVII.
 32. MUT (1666 b), p. 63. Véase la nota anterior.
 33. Sobre Bouillau y Seth Ward véase la bibliografía citada en la nota 31, en particular MONTUCLA y BAILLY. Acerca de la difusión de las leyes de Kepler en el siglo XVII véase RUSSELL (1964) y COHEN (1975).
 34. Según parece el único autor anterior a Newton que aceptó las teorías de Kepler, asumiendo plenamente al programa de este autor para la creación de una dinámica celeste fue Jeremiah Horrocks, "le seul disciple véritable que Kepler ait jamais eu" como dice KOYRE (1961), p. 364. Sobre HORROCKS véase APPLEBAUM (1972).
 35. En realidad, la idea de hacer del foco superior un punto ecuante ya había sido ensayada por Kepler, al parecer, bajo la sugerencia de su amigo Albert Curtius. Kepler la rechazó porque no proporcionaba las ecuaciones correctas del excéntrico. Este error fue reconocido por I. Bouillau en su *Astronomía philolaica* de 1657. En ella, Bouillau dice que apenas terminada su obra en 1645, descubrió el error y en orden a confeccionar sus tablas siguió las ecuaciones del excéntrico dadas por Kepler en las *Tablas Rudolfinas*. En su obra de 1657, Bouillau intentó rectificar la teoría con la propuesta que Mut recoge más adelante. La teoría modificada resultó sorprendentemente buena. Comparándola con la kepleriana, según WILSON (1968), p. 23, se encuentran errores de $-37''$ en el octante superior y de $-49''$ en el cuadrante y de $-40''$ en el tercer octante. Bouillau contrastó su teoría usando las observaciones de Tycho y prediciendo, como Kepler, las longitudes geocéntricas de Marte. Las desviaciones en promedio entre los valores calculados y observados según Bouillau son de $2'4''$, y la desviación máxima de $5'33''$. Las correspondientes cifras de Kepler son $2'7''$ y $5'50''$.

36. Hemos intentado reproducir fielmente la deducción de MUT (1666 b), pp. 64–65.
37. MUT (1666 b), p. 66: Advertendum tamen est, illas centri aequationes, geometricae habitas in Octamibus Anomaliae errare ab Observationibus fere usque ad minuta 8". Sobre la "hipótesis vicaria" de Kepler véase DREYER (1905), p. 380 y ss. y KOYRE (1961), p. 172 y ss.
38. Seth-Ward criticó a Boulliau por no haber compuesto sus tablas de acuerdo con su hipótesis del cono oblicuo. En efecto, Bouillau describió la elipse combinando dos movimientos: el de un epiciclo sobre su deferente excéntrico y el del astro sobre este epiciclo. Véase nota 35 y MONTUCLA (1758), 2, pp. 338–335.
39. MUT (1666 b), pp. 66–68.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALMIRANTE, J. (1876).— *Bibliografía militar de España*, vol. 2, Madrid.
- ANDRES, J. (1782–1799). *Dell'origine, progressi e stato attuale d'ogni letteratura*, 7 vols., Parma, Imp. Real. v. 4.
- APPLEBAUM, W. (1972).— "Horrocks, Jeremiah", *Dictionary of Scientific Biography* dir. por Ch. C. Gillispie. vol. VI, pp. 514–516.
- BAILLY, J.S. (1785).— *Histoire de l'Astronomie moderne depuis la fondation de l'école d'alexandrie jusqu'a l'époque de MADCCXXX*, vol. 2, París.
- BOVER, J.M. (1868).— *Biblioteca de escritores baleares*, vol. 1, Palma, Gelabert.
- BOYER, C.B. (1974).— "Note on Epicycles and the ellipse from Copernicus to Lahire", *Isis*, 38, 54–56.
- BOYER, C.B. (1970).— "Boulliau, Ismael", *Dictionary of Scientific Biography* dir. por Ch. C. Gillispie, v. II, pp. 348–349.
- CAMPEDELLI, L. (1975).— "Riccioli, Giambattista", *DSB*, vol. XI, pp. 411–412.
- COHEN, I.B. (1975) "Keplers's Century: Prelude to Newton's", *Kepler four*

- hundred years* dir. por A. Beer y P. Beer, Oxford, Pergamon Press, pp. 3-41.
- COTARELO VALLEDOR, A. (1935).— “El P. Zaragoza y la astronomía de su tiempo”, *Estudios sobre la ciencia española del siglo XVII*, Madrid, pp. 65-223.
- DECHALES, C.F.M. (1674).— *Cursus seu mundus mathematicus*, 3 vols., Lyon.
- DREYER, J.L.E. (1905).— *A history of Astronomy from Thales to Kepler*, New York, Dover, 1953.
- FLETCHER, J.E. (1970).— “Astronomy in the life and Correspondence of Athanasius Kircher”, *Isis*, 61, p. 52-68.
- GALILEO (1638).— *Diálogos acerca de dos nuevas ciencias*, Buenos Aires, Losada, 1945.
- GLICK, T.F. (1971).— “On the influence of Kircher in Spain”, *Isis*, 62, 379-381.
- KOYRE, A. (1961).— *La revolution astronomique. Copernic, Kepler, Borelli*, París, Hermann.
- KOYRE, A. (1973).— *Estudios de historia del pensamiento científico*, Madrid, Siglo XXI, 1977.
- LOPEZ PIÑERO, J.M. (1979).— *Ciencia y técnica en la sociedad española de los siglos XVI y XVII*, Barcelona, Labor.
- LOPEZ PIÑERO, J.M.; NAVARRO BROTONS, V.; PORTELA MARCO, E. (1976).— *Materiales para la historia de las ciencias en España. Siglos XVI-XVII*, Barcelona, Labor.
- MONTUCLA, J.F. (1758).— *Histoire des Mathematiques*, París, Ed. citada: 4 vols. París, 1799-1802.
- MUT, V. (1649).— *De Sole Alfonsino restituto*, Palma, P. Guasp.
- MUT, V. (1664).— *Arquitectura militar*, Mallorca, F. Oliver.

- MUT, V. (1666 a) *Cometarum anni MDCLXV. Enarratio phisicomatematica*, Mallorca.
- MUT, V. (1666 b) *Observationes motuum caelestium cum adnotationibus astronomicis et meridianorum differentiis ab eclipsibus deductis*, Mallorca, R. Moya.
- NAVARRO BROTONS, V. (1978).— *La revolución científica en España. Tradición y renovación en las ciencias físico-matemáticas*, Tesis de Valencia.
- PALAU Y DULCET, A. (1957).— *Manual del Librero Hispanoamericano*, vol. X, Barcelona.
- PINGRE (1783-84).— *Cometographie ou traité historique et théorique des comètes*, 2 vols., París.
- RICCIOLI, G.B. (1651).— *Almagestum Novum*, t. I., Bolonia.
- RICCIOLI, G.B. (1651).— *Astronomia reformatata torni duo*, t. I., Bolonia.
- RUSSELL, J.L. (1964).— "Kepler's Laws of Planetary Motion, 1609-1666". *The British Journal for the History of Science*, 2, 1-24.
- WILSON, C. (1968).— "Kepler's derivation of the elliptical path", *Isis*, 59, 5-26.
- WILSON, C. (1969).— "The Error in Kepler's Acronychal Data for Mars", *Centaurus*, 13, 263-269.