

# Recuperado el tratado de Ptolomeo sobre el meteoroscopio

Victor Gysembergh<sup>1</sup> · Alexander Jones<sup>2</sup> · Emanuel Zingg<sup>1</sup> ·  
Pascal Cotte<sup>3</sup> · Salvatore Apicella<sup>3</sup>

Recibido: 28 de noviembre de 2022 / Aceptado: 5 de diciembre de 2022 / Publicado en línea: 9 de marzo de 2023

© El(los) autor(es) 2023

## Resumen

El manuscrito latino del siglo VIII Milán, Veneranda Biblioteca Ambrosiana, L 99 Sup. contiene quince hojas de palimpsesto utilizadas anteriormente para tres textos científicos griegos: un texto de autoría desconocida sobre mecánica matemática y cataóptrica, conocido como el *Fragmentum Mathematicum Bobiense* (tres hojas), el *Analemma* de Ptolomeo (seis hojas), y un texto astronómico que hasta ahora ha permanecido sin identificar y casi completamente sin leer (seis hojas). Informamos aquí sobre el estado actual de nuestra investigación sobre este último texto, basado en imágenes multiespectrales. El texto, conservado incompletamente, es un tratado sobre la construcción y usos de un instrumento armilar de nueve anillos, identificable como el "meteoroscopio" inventado por Ptolomeo y conocido por nosotros por pasajes en la *Geografía* de Ptolomeo y en los escritos de Pappus y Proclus. Argumentamos además que el autor de nuestro texto fue el mismo Ptolomeo.

## 1. Introducción

El manuscrito Milán, Veneranda Biblioteca Ambrosiana, L 99 Sup., siglo VIII Manuscrito latino de las *Etymologiae* de Isidoro de Sevilla que antes formaba parte de la biblioteca medieval de la Abadía de San Columbano en Bobbio, fue descubierta por Angelo Mai para contener textos científicos griegos palimpsestados hace unos doscientos años. En el breve apéndice sobre el manuscrito que Mai insertó en su publicación de fragmentos de 1819 de la Biblia gótica recuperada de otros palimpsestos en la Ambrosiana, informó haber encontrado, y parcialmente transcrito, textos matemáticos griegos con diagramas en treinta páginas (*paginas omnino triginta*), un facsímil de una de las cuales (p. 124, un pasaje de matemáticas “mecánicas” relativas

Comunicado por Jed Buchwald.

Los autores de este artículo son Victor Gysembergh, Alexander Jones y Emanuel Zingg, excepto por el Apéndice que es de Pascal Cotte y Salvatore Apicella.

Alexander Jones  
alexander.jones@nyu.edu

Información ampliada del autor disponible en la última página del artículo

al equilibrio de pesos y centros de gravedad) se proporcionó al final del volumen.<sup>1</sup> Las transcripciones inéditas de Mai, conservadas en la Biblioteca Apostólica Vaticana, Vat. Lat. 9556, ss. 229r–234v, proceden de trece páginas, y registró otras trece con texto griego que no intentó copiar.<sup>2</sup> Es casi seguro que fue Mai quien aplicó un reactivo a estas veintiséis páginas y seis más, con el resultado de que en 1880, cuando Christian Belger inspeccionó el manuscrito, la dificultad de descifrar los textos borrados se había visto agravada por el marrón oscuro de las manchas dejadas por los productos químicos.<sup>3</sup> Sin embargo, Belger logró hacer una facsímil casi completo de dos páginas más, 113–114 (sobre la óptica matemática de espejos curvos), que supuso pertenecían al mismo texto que la p. 124. A este texto Diels le había dado el nombre de *Fragmentum mathematicum Bobiense* en 1877.<sup>4</sup>

Un avance sustancial se produjo con el descubrimiento y la edición de J. L. Heiberg en 1895 de doce páginas que contienen partes de *Sobre el analemma* de Ptolomeo, un breve tratado sobre construcciones geométricas relacionadas con la teoría de los relojes de sol. La identificación se hizo posible por su correspondencia con pasajes del latín de finales del siglo XIII traducidos de William de Moerbeke, hecha de un códice griego perdido desde entonces, que estaba a salvo hasta ese momento de la única forma en que se conocía *Sobre el Analemma*.<sup>5</sup> Heiberg transcribió las páginas de *Analemma* en la mayor medida que pudo sin más aplicación de reactivos, el método destructivo comúnmente empleado para mejorar la legibilidad los palimpsestos a principios del siglo XIX, o la técnica del siglo 20º de iluminación y fotografía por luz ultravioleta y tecnologías de imagen avanzadas más recientes. Es de hecho sorprendente lo mucho que logró leer, un testimonio de su ojo agudo y perspicacia filológica, aunque asistida por supuesto por la disponibilidad de la hiper-literal versión latina de Guillermo de Moerbeke.

Heiberg también mejoró el texto de las tres páginas de *Fragmentum mathematicum* anteriormente conocido a partir de los facsímiles publicados y proporcionó la primera encuesta publicada de las treinta páginas con texto griego.<sup>6</sup> Ahora se podrían asignar seis páginas al *Fragmentum mathematicum* (cuyo autor Heiberg creía que era Antemio de Tralles, atribución que ahora parece dudosa) y doce a *Sobre el analemma*. Heiberg argumentó a partir del uso extensivo de abreviaturas y compendios en el *Fragmentum mathematicum*, pero no en *Sobre el Analemma*,

<sup>1</sup> de mayo de 1819. Nótese que L 99 sup. está paginado con números de página, no números de folio, de modo que, p. págs. 113 y 114 son el anverso y el reverso de una sola hoja.

<sup>2</sup> Las páginas parcialmente transcritas son 113–114, 117, 120, 124, 130, 139, 144, 157, 190, 236, 249 y 251; los otros son 118–119, 123, 129, 140, 143, 158, 189, 197–198 (aparentemente, Mai escribió estos números, pero posteriormente los tachó), 235, 250 y 252. Lamentablemente, las transcripciones de Mai son demasiado débiles e inexactas para ser de alguna utilidad como complemento de lo que ahora se puede leer por medio de las imágenes informadas en el presente artículo. En una nota que precede a las transcripciones, reemplazando un pensamiento inicial de que el autor fue Filón de Bizancio, especula que los textos podrían provenir de las partes perdidas de la Colección de Pappus.

<sup>3</sup> Belger 1881. Las páginas manchadas adicionales son las páginas 187–188 (que de hecho no tienen texto griego, pero constituyen la hoja conjugada del palimpsesto 197–198), 195–196 (el conjugado de 189–190) y 241–242 (el conjugado de 241–242).

<sup>4</sup> Diels 1877.

<sup>5</sup> Heiberg 1895. El descubrimiento de fragmentos de *Sobre el Analema* en el palimpsesto fue previamente anunciado en Heiberg 1890, 4 n. \*\*.

<sup>6</sup> Heiberg 1895, 4–6. Partes de este material se incluyeron más tarde en forma algo diferente en Heiberg 1907, clxxix y 1927, 87–92. (Para el *Fragmentum mathematicum* ver también Huxley 1959.) Heiberg incluyó su edición de la traducción latina y los fragmentos griegos de *Sobre el Analemma* en Heiberg 1907, 189–223; para una reedición del latín, véase Edwards 1984.

que los dos grupos de páginas habían sido reciclados de diferentes manuscritos. En cuanto a las restantes doce páginas de palimpsestos, a pesar de que no pudo leer más que unos pocos pasajes breves e inconexos, Heiberg notó expresiones y terminología que parecían similares a las de *Sobre el Analemma*, por lo que planteó la posibilidad de que la traducción latina medieval tal como ha sido conservada ha perdido el final de la obra, con estas páginas de palimpsesto pertenecientes a esta porción perdida.<sup>7</sup>

Uno de los presentes autores (Jones) examinó el manuscrito en 1984 y encontró que en algunas de las páginas se podía leer más por autopsia de lo que logró Heiberg; después, todavía más, demostró que era recuperable utilizando la manipulación digital simple de Fotografías de microfilmes antiguos. Si bien no es un anticipo suficiente para merecer su publicación, estos hallazgos sugirieron que técnicas de imagen más poderosas como la obtención de imágenes multiespectrales deberían intentarse, aunque no estaba claro en qué medida la tinción química de las páginas podía ser un impedimento. Y de hecho dos de las páginas del *Fragmentum mathematicum* y una del *Analemma* (113, 123 y 144) fueron sometidas experimentalmente a imágenes multiespectrales y procesamiento por parte de la empresa Fotocientífica s.n.c. di Parma a principios de la década de 2000, y un único procesado de imagen publicado de la pág. 123 muestra una cantidad sustancial de texto trazado.<sup>8</sup> Este proyecto no fue continuado, sin embargo, y no dio lugar a estudios publicados sobre la edición e interpretación del texto.

Finalmente, en enero de 2020, las páginas del palimpsesto fueron sometidas a fluorescencia UV e imágenes de reflectancia multiespectral financiadas por la Sorbonne Université y realizadas por la empresa francesa Lumière Technology bajo la dirección de Pascal Cotte (ver el Apéndice). El procesamiento adicional de estas imágenes se llevó a cabo generosamente en 2021 por Keith Knox de Early Manuscripts Electronic Library. En junio de 2022, más imágenes multiespectrales fueron financiadas por la Sorbonne Université y realizadas bajo la dirección de Michael Phelps por un equipo de la Biblioteca Electrónica de primeros Manuscritos, el Instituto de Tecnología de Rochester y MegaVision, Inc.<sup>9</sup> Usando estas imágenes (para ejemplos ver Figs. 3, 4, 5 y 6 en el art. 5), hemos podido recuperar importantes cantidades de texto que hasta ahora habían permanecido ilegibles. Nuevas ediciones de Ptolomeo *Sobre el Analemma* y el *Fragmentum mathematicum* están actualmente en preparación. Sin embargo, el descubrimiento textual más significativo ha sido el descubrimiento de partes de El tratado de Ptolomeo sobre el instrumento llamado Meteoroscopia (ὄργανον μετεωροσκοπεῖον ο μετεωροσκοπικόν).<sup>10</sup> Se desconoce el título exacto de Ptolomeo para este libro, pero podemos llamarlo provisionalmente *Sobre el*

<sup>7</sup> Como apunta Heiberg 1895, 5, Delambre 1817, 2.60 ya había supuesto que el latín *Sobre el Analemma* carecía de final, hipótesis que encuentra apoyo en el hecho de que el texto en el arquetipo, autógrafo de Guillermo de Moerbeke de la traducción en Biblioteca Apostólica Vaticana, Ottob. Lat. 1850, corta en el parte inferior del verso de la última hoja de un cuaderno (f. 64v) sin el colofón fechado que William proporcionó en el final de las otras traducciones en este códice. Por otro lado, Jones 1986, 1.12, especuló que el texto en las doce páginas restantes del palimpsesto podría haber estado el *Analema* de Diodoro (siglo I a. C.) o el comentario de Pappus sobre ese trabajo.

<sup>8</sup> Pasini 2005, 2008.

<sup>9</sup> Las campañas de imágenes de 2020 y 2022 fueron amablemente autorizadas por la Veneranda Biblioteca Ambrosiana. Nuestro agradecimiento se extiende al director de la Biblioteca, Federico Gallo, y a su personal, en particular Stefano Serventi y Vittorio Bergnach, por su apoyo y hospitalidad.

<sup>10</sup> El descubrimiento fue anunciado en el 26º Congreso Internacional de Historia de la Ciencia y la Tecnología: Gysembergh et al. 2021.

*Meteoroscopio*. Desde una edición crítica de los restos de *Sobre el Meteoroscopio* es una tarea difícil cuya finalización aún está lejos, proporcionamos aquí una discusión preliminar de la obra, su estado de conservación, y nuestra base para atribuirlo a Ptolomeo.

## 2 El palimpsesto

Los textos griegos se distribuyen de la siguiente manera:

- *Fragmentum mathematicum Bobiense*: pp. 113–114 y 123–124 (que constituye un solo bifolium), y 197–198. Tenga en cuenta que las páginas 114 y 124 no se sobrescribieron con texto latino.
- Ptolomeo, *Sobre el analemma*: págs. 117–120 (un solo bifolium), 129–130 y 139–140 (un solo bifolium), y 143–144 y 157–158 (un solo bifolium).
- Ptolomeo, *Sobre el Meteoroscopio*: pp. 189–190 y 195–196 (un solo bifolium), 235–236 y 241–242 (un solo bifolium) y 249–252.

Las imágenes han confirmado que las páginas 187–188, que son parte del mismo bifolium como pp. 197–198 y exhiben rastros de reactivos químicos, no contienen texto palimpsesto: la tinción es evidencia de que Mai tomó en consideración la estructura codicológica del manuscrito en su búsqueda de páginas de palimpsesto. Ninguna otra página fue sometida a la imagen, no habiendo razón para creer que contenían texto borrado. Además, un examen autóptico de Gysembergh y Zingg (diciembre de 2021) reveló que las págs. 249–250 y 251–252 no pertenecen al mismo bifolium, como se podría haber esperado, sino a dos bifolia separadas; las otras mitades de estos bifolia, que vienen después de la pág. 252, fueron cortadas. Esto parece haber sucedido después del descubrimiento de Mai, en un momento cuando los folios no estaban encuadernados, porque las manchas de reactivo son visibles a lo largo de la encuadernación que parecen haberse extendido más allá del corte. No se dispone de información sobre el posible paradero de las dos páginas perdidas. Sin embargo, no tenemos motivos para creer que las mitades faltantes contenían texto griego. Probablemente sirvieron como guardas del manuscrito latino y no estaban, o no estaban densamente, cubiertos con texto latino. Por lo tanto, Mai fácilmente podría haber tomado nota de cualquier texto griego sobre ellos, lo cual evidentemente no hizo. (Volveremos más adelante a la posible importancia de estas supuestas páginas en blanco para la estructura del texto griego.)

Como podemos ver en el resumen anterior, cada bifolium está dedicado a uno solo de los tres textos (es decir, el *Fragmentum mathematicum* "mecánico", el *Analemma* y el *Meteoroscopio*), mientras que en la composición del presente códice la bifolia perteneciente a cada texto fueron revueltos entre sí y con bifolia no palimpsesto, así que no está claro si el orden en que aparecen en el manuscrito nos dice algo sobre su orden original en el manuscrito o manuscritos fuente. Además, el bifolio que comprende las páginas 189–190 y 197–198 se volvió hacia el otro lado cuando se reutilizó, de modo que el texto griego ahora aparece al revés en relación con el latín sobrescrito. Y mientras que la presente página impar de cada hoja necesariamente siempre inmediatamente precede a su página par en su manuscrito original, no podemos suponer que las dos hojas conjugadas de cada bifolium ahora están unidas en el mismo orden que tenían en el manuscrito fuente. De hecho, sabemos que cada una de las tres bifolias del *Analemma*

está encuadradas ahora de modo que la hoja que estaba en segundo lugar en el manuscrito original viene ahora primero.

Las páginas con el texto del *Meteoroscopio* normalmente tienen treinta líneas de texto, mientras que las páginas de *Analemma* comúnmente tienen veintinueve y el *Fragmentum mathematicum* treinta y seis páginas.<sup>11</sup> Las manos mayúsculas inclinadas de los tres son similares; de hecho, basado tanto en el examen autóptico de Gysembergh y Zingg, como en el desciframiento del imágenes, no ha aparecido ninguna diferencia significativa entre la escritura y el diseño del texto del *Meteoroscopio* y la escritura y el diseño de *Sobre el Analemma* de Ptolomeo (excepto por la pequeña diferencia en el número de líneas por página), apoyando la hipótesis de que este par de textos derivan de un manuscrito de fuente única. La mano del *Fragmentum* se ha fechado de diversas formas en el siglo VI o VII, mientras que Heiberg estimó una fecha del siglo VII para todos los textos griegos. A diferencia del *Analemma*, el *Meteoroscopio* se divide en capítulos, aparentemente más bien breves, del orden de una página o dos de largo—con títulos sangrados desde ambos márgenes. Cuando el final de un capítulo es seguido por el título del siguiente capítulo en la misma página, una fila de guiones los separa, y tal fila por lo menos a veces se interpone entre un título y el capítulo que presenta Solo hay un diagrama conservado, al final de la p. 249 siguiendo el capítulo al que pertenece.

El texto latino de las *Etymologiae* de Isidoro tiene un interlineado un poco más amplio que el texto del *Meteoroscopio* subyacente, por lo que las líneas consecutivas de griego que tienen poca o ninguna sobreescritura se alterna con tiradas de líneas que más o menos coinciden con el latín, por lo que son mucho más difíciles de leer. Este es un fenómeno constante que se aplica de manera similar a todas las páginas. Por otro lado, la minuciosidad con la que la tinta del griego fue lavada durante el proceso de reciclaje, y la susceptibilidad de los rastros restantes para ser sacados en fotografías tomadas en varias longitudes de onda son altamente variables. Un impedimento adicional para la lectura es la frecuencia de las anomalías ortográficas y omisiones y errores textuales, que en ocasiones se corrigen en pequeñas anotaciones interlineales o marginales.

### 3 Evidencia del meteoroscopio de Ptolomeo y su tratado al respecto

En *Geografía* 1.3, después de relatar brevemente cómo sus predecesores habían intentado determinar el tamaño del globo terrestre en términos de unidades mundanas de distancia observando la elevación del polo norte celeste en dos localidades situadas a cierta distancia estudiada a lo largo de un solo meridiano terrestre, Ptolomeo afirma que él había establecido un método para llevar a cabo esta determinación para dos localidades separados por una distancia de círculo máximo medido en cualquier dirección “por medio de la construcción de un instrumento meteoroscópico” (διὰ κατασκευῆς ὀργάνου μετεωροσκοπίου ο μετεωροσκοπικοῦ).<sup>12</sup>

<sup>11</sup> Excepciones: (*Meteoroscopio*) p. 249 tiene 28 líneas seguidas de un diagrama, p. 190 puede tener una fila de guiones debajo de la línea 30 y las páginas 235 y 242 no están lo suficientemente bien conservadas para permitir el conteo de líneas; (*Analemma*) las páginas 119, 120 y 139 tienen 28 líneas; (*Fragmentum*) pág. 198, que puede ser la página final del texto, tiene 32 líneas.

<sup>12</sup> La lectura ὀργάνου μετεωροσκοπίου se ofrece en varios manuscritos autorizados, incluido Vat. gramo. 191, f. 130r, y Urb. gramo. 82, f. 3r, aunque los editores tienden a preferir ὀργάνου μετεωροσκοπικοῦ. Más adelante en el mismo pasaje, el instrumento se llama simplemente μετεωροσκόπιον.

No se dice nada sobre la estructura de este instrumento o cómo se lo operó, pero se nos dice que podría hacer lo siguiente:

- determinar la elevación del polo norte celeste del lugar que se está observando un día o una noche arbitrarios;
- determinar la dirección del círculo meridiano para el lugar de observación, y las direcciones de las rutas de viaje desde ese lugar en relación con el meridiano en forma del ángulo entre el meridiano y otro gran círculo que pasa por el punto cenital;
- utilizando los datos anteriores, mostrar en el propio instrumento meteoroscópico el arco buscado entre las dos localidades; y
- mostrar el arco del ecuador cortado entre los meridianos a través de las dos localidades.

Por lo tanto, el "instrumento meteoroscópico", presentado por Ptolomeo como su invención personal, funcionó tanto como un instrumento de observación y como una computadora analógica para cálculos en astronomía esférica. No hay alusión explícita a un texto separado dedicado a ello.

Proclus, Hypotyposis 6.2, prefació su relato del "astrolabio" de siete anillos o instrumento armilar (τὸν διὰ τῶν ἑπτὰ κύκλων ἀστρολάβον) descrito por Ptolomeo en *Almagesto* 5.1 con la observación:

El meteoroscopio (μετεωροσκοπεῖον) se diferencia de este astrolabio en que todas las cosas que se pueden ver (θηρᾶν) por medio de este último también pueden (ser vistas) por medio del primero, así como muchas otras cosas útiles para la astronomía. Para el número de anillos de los cuales (el meteoroscopio subsiste) es mayor- ya que está formado con nueve anillos- y ha sido construido de una manera más sistemática (εὐμεθοδότερον).

Teón de Alejandría (*Comentario sobre el Almagesto Libro 1*, ed. Roma p. 419) igualmente empareja el meteoroscopio (μετεωροσκόπιον) con la armilar de *Almagesto* 5.1 como ejemplos de las esferas armilares que Ptolomeo menciona en *Almagesto* 1.4. Ni Proclus ni Teón atribuyen explícitamente el meteoroscopio a Ptolomeo o mencionan un texto.

Pappus, sin embargo, hace esto en su esfuerzo por completar la descripción bastante concisa de Ptolomeo del armilar de siete anillos (*Comentario sobre el Almagesto Book 5*, ed. Rome pp. 4–6 y 12). Escribe:

(Ptolomeo) no revela los tamaños de los anillos; pero en el construido (διακατασκευασμένῳ, un *hapax legomenon* si la palabra no está corrupta) instrumento que se llama meteoroscopio (μετεωροσκοπεῖον) hace una declaración clara; por lo que antes de la guía detallada de los demás asuntos trataremos el tema de la proporcionalidad (συμμετρίας) de los anillos y la construcción específica y uso del instrumento.

Retoma esta promesa unas pocas líneas más adelante, ofreciendo proporciones numéricas específicas que deben subsistir entre los radios de los anillos y su profundidad y espesor radial y un radio específico de 1 codo para el anillo más grande donde el *Almagesto* solo habla de anillos de “tamaño apropiado” (συμμέτρου... τῷ μεγέθει). Continúa:

Porque en el meteoroscopio, hace el tamaño entero del instrumento hasta la capacidad de la persona que lo construye, pero tal que el diámetro del portador (τοῦ φέροντος) y el anillo más grande no debe tener menos de 12 dedos (δάκτυλοι, una unidad de longitud). Define la profundidad de los anillos iguales que están (montados) en sus diámetros, (a saber) el “revólver” (πολεῦοντος) y zodiaco (anillos), como siendo 2 unidades, la anchura del “revólver”  $2\frac{1}{2}$  (unidad), la del zodiaco  $1\frac{1}{2}$  (unidades), tal que el radio de cualquiera que se extienda hasta su circunferencia convexa sea 49 (unidades).

Por lo tanto, este relato de Ptolomeo sobre el meteoroscopio entró en considerable detalle cuantitativo sobre las partes constituyentes del instrumento de una manera que nunca lo hace en

las descripciones de instrumentos en el *Almagesto*. Entre estas partes, el anillo más externo se designa el "portador" (φέρων) y un anillo unido al anillo que representa el zodiaco o eclíptica se designa el "revólver" (πολεύων), términos que no ocurren en el *Almagesto*.

Aprovechando la información que proporciona Pappus sobre la construcción del meteoroscopio y la lista de Ptolomeo de posibles usos del instrumento en la *Geografía*, Rome conjeturó dos reconstrucciones alternativas del armilar de nueve anillos, ninguna de las cuales coincide con la reconstrucción que ofrecemos a continuación.<sup>13</sup>

#### 4 El contenido del texto del Meteoroscopio y la estructura del instrumento

Las páginas que portan el texto del Meteoroscopio contienen dos tipos de material: instrucciones para la elaboración de un instrumento armilar (págs. 249, 251 y 252), aparentemente no subdividido en capítulos, y una serie de capítulos que dan instrucciones para llevar a cabo varias observaciones o mediciones utilizando el instrumento (el resto de las páginas). Desde la pág. 250, que contenía un capítulo relativo a las aplicaciones del instrumento, era la inmediata sucesora de la pág. 249, tenemos en las pp. 251, 252 y 249 (en ese orden) el final de la parte sobre la construcción, que podemos llamar la sección introductoria, y en la p. 250 el comienzo de la parte sobre sus usos. Si tenemos razón en nuestra creencia de que las hojas perdidas conjugadas de estas páginas no llevaban ningún texto griego, deben haber sido espacios en blanco que preceden al tratado, de modo que probablemente dos bifolia del tratado se pierden al principio, en el supuesto de que el manuscrito constaba de cuadernos de cuatro bifolia. En lo que queda de esta sección introductoria, el autor, procediendo desde el interior hacia afuera, describe cómo los anillos están conectados entre sí. Luego agrega información sobre las dimensiones de los anillos. Al final de la introducción, al pie de la p. 249, es un pequeño diagrama, cuyas letras lo conectan con el pasaje final sobre dimensiones.

El primer capítulo corto que sigue a la sección introductoria lleva el título "Cómo se obtiene el arco del meridiano entre el trópico (círculos), así como la elevación del polo en el lugar de

---

<sup>13</sup> Rome 1927.

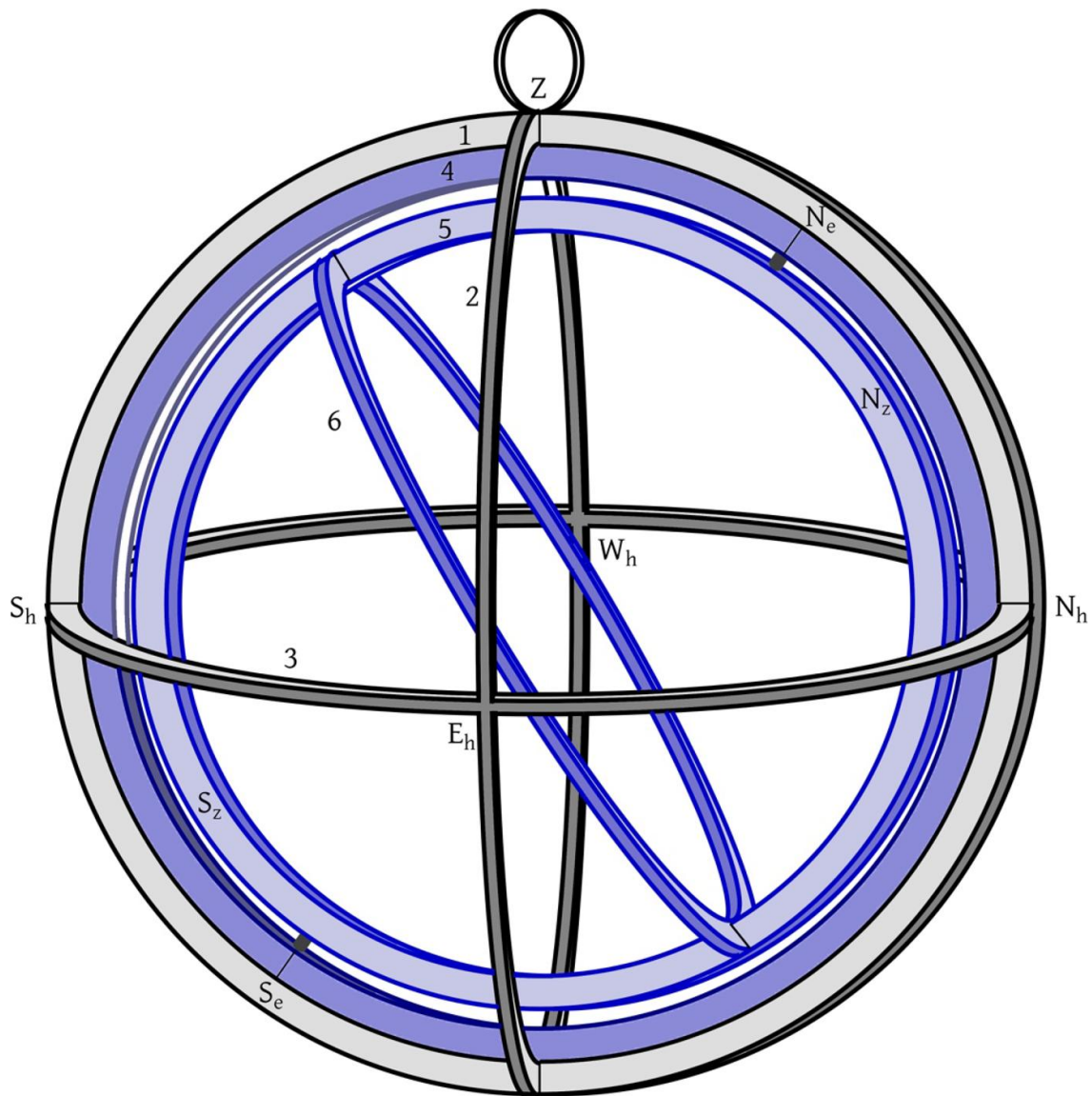
observación” (p. 250, ll. 1–5: π.ὧς ἡμ.ετα. ξὺτ.[ῶ]ν.τ.ρ.ο.π.ι[κῶ]ν.τοῦ μεσημβρ.ι.ν.ο.ῦ.περιφ.έ.ρ.ε.ι.[α] λαμ βά νεται καὶ τ.ὸ ἐν τῷτόπω.τῆ.ς.τηρήσεως τ.ο. ὕ.πόλουἑξαρμα).<sup>14</sup> Vale la pena señalar de paso que la segunda tarea es precisamente una de esas que Ptolomeo enumera en *Geografía* 1.3. Tomado junto con la información en las páginas de la sección introductoria, este capítulo es importante para reconstruir el instrumento, permitiendo deducciones sobre el nombre, función y posición de cada uno de sus anillos (enumerados aquí desde afuera hacia adentro, véanse las Figs. 1, 2):

1. ὁ φέρων αρτημα, “el (anillo) que lleva una suspensión/gancho”, o simplemente φέρων, “portador”. Este es un anillo de meridiano fijo que representa el meridiano local en un marco de referencia basado en el horizonte. El nombre parece implicar que para ciertos propósitos el instrumento se colocaba colgándolo de algún tipo de aparato de soporte, de manera similar a un reloj de sol armilar portátil del siglo tercero o cuarto encontrado en Filipos.<sup>15</sup>
2. ἐκτήμορος, hektemoros (literalmente “seis partes”). Este es un anillo en el plano vertical perpendicular, fijado al portador y que lo corta en el cénit y el nadir, igual en dimensiones al portador.
3. ὀρίζων, “horizonte”. Este es un anillo en el plano del horizonte local, fijado al portador y al hektemoros en los puntos cardinales.
4. μεσημβρινός, “meridiano”, que representa el meridiano local en un marco de referencia ecuatorial. Está inmediatamente dentro del portador y se mantiene en el plano del portador por bridas, pero se puede establecer en cualquier orientación en ese plano de acuerdo con la latitud terrestre.
5. πολέων, “revólver”, que representa el coluro solsticial. Está inmediatamente dentro del anillo meridiano y pivota sobre los puntos del anillo meridiano que representan los polos celestes.
6. ζῳδιακός, “zodiaco”, que representa la eclíptica. Es igual en dimensiones al revólver y fijado a él en ángulo recto en los puntos del revólver que representan los puntos solsticiales.
7. ἀστρολάβος, “astrolabio”, inmediatamente dentro del revólver y de los anillos del zodiaco y pivotando sobre las puntas del revólver que representan los polos de la eclíptica.
8. ὀρθιος, “vertical”, inmediatamente dentro del anillo del astrolabio y girando sobre los puntos del revólver que representan los polos celestes. Este anillo puede representar un meridiano arbitrario de cualquier localidad.
9. παγκλινής, “totalmente basculante”, inmediatamente dentro del anillo vertical y girando sobre los puntos del anillo vertical que representan las intersecciones del meridiano arbitrario con el ecuador. Este anillo puede representar el horizonte para cualquier localidad; su nombre refleja el hecho de que se puede colocar en cualquier plano.

Por lo tanto, estamos tratando con una esfera armilar de nueve anillos, que trae inmediatamente a la mente el meteoroscopia de Ptolomeo, especialmente porque algunos de los nombres distintivos de los anillos

<sup>14</sup> Siguiendo las convenciones papirológicas, que son más apropiadas que las de las ediciones de texto clásicas para transcribir un manuscrito de esta naturaleza, los puntos bajos indican letras leídas con incertidumbre; los corchetes indican letras inciertas, pero creemos que fueron escritas; y los paréntesis angulares indican letras que creemos fueron omitidos accidentalmente (o que ya faltaban en el ejemplo). Nuestras glosas explicativas están en paréntesis.

<sup>15</sup> Jones 2016, 28 y 31, fig. 1-8.



**Fig. 1** Los seis anillos más externos del meteoroscopio, no están a escala.  $N_h$ ,  $S_h$ ,  $E_h$  y  $W_h$  son puntos cardinales del horizonte;  $N_e$  y  $S_e$  son los polos celestes norte y sur;  $N_z$  y  $S_z$  son los polos norte y sur de la eclíptica; y  $Z$  es el cenit. En la versión en línea a color, el anillo “meridiano” que establece el marco de referencia ecuatorial está en azul más oscuro, y los anillos “revólver” y “zodiaco” que establecen el marco de referencia de la eclíptica están en azul más claro (figura de color en línea)

también son mencionados por Pappus. No hay evidencia de ningún otro astrónomo griego haber desarrollado de forma independiente tal instrumento, aunque Teón de Alejandría podría decirse que escribió un tratado sobre el instrumento de Ptolomeo.

Las tareas combinadas de medir tanto el arco meridiano delimitado por los círculos trópicos (es decir, el doble de la oblicuidad de la eclíptica) y la elevación del polo celeste (es decir, la latitud terrestre de uno) recuerda *Almagesto* 1.12, en el que Ptolomeo describe el uso de instrumentos de proyección de sombras meridianas para determinar ambas cantidades. En ese contexto, sin embargo, medir la oblicuidad es un paso empírico fundamental que debe tomarse antes de deducir el sistema de modelos celestes cuantificados que es el objeto del *Almagesto*, mientras que para construir una esfera armilar que incorpore un anillo que representa la eclíptica se debe ya conocer la oblicuidad. Por lo tanto, no hay



Se dice que el capítulo inmediatamente anterior a este (quizás el tercero), del cual hasta la fecha sólo se ha descifrado el final, se relaciona con el problema de determinar la época del movimiento medio del sol, así como su curso mensual y diario, y más generalmente las hipótesis para el movimiento del sol. Aunque el procedimiento aún no se ha recuperado, aparentemente su objetivo era medir la longitud del sol; en todo caso, el resultado al que se llegaba era el “grado del zodiaco” (p. 241, l. 16: [μ]οῖραν τοῦ ζωδιακού) de un determinado cuerpo celeste.

En un lugar incierto del tratado, un breve capítulo que ha sido descifrado casi en su totalidad trata de determinar ciertos ángulos que se llaman *katabatikos* y *antiskios*. Hablaremos de este capítulo en la siguiente sección. Finalmente, inmediatamente después de este capítulo aparece el título de otro capítulo sobre “Cómo medir ángulos en el plano del meridiano y en el plano del cénit” (p. 190, ll. 28–30: Π.ῶ.ς λ. [ηπ]τ.[έον] γ.ω.ν.ί.α.ς καὶ τὰς ἐν τῷ τ.ὸ (l. τοῦ) μ.ε.σ. η.μ.β.ρ.ινοῦ ἐπιπέδῳ καὶ τὰς ἐν τῷ τοῦ κατὰ κορυφὴν ἐπιπέδῳ). El cuerpo del capítulo aún no ha sido recuperado.

## 5 La autoría del texto del Meteoroscopio

La página 190 estaba entre aquellas en las que Heiberg logró leer una pequeña cantidad de texto mediante autopsia; su transcripción de las tres primeras líneas es la siguiente<sup>16</sup>:

. . . . τινα τροπον επεσκεπται ον . . . .  
 . . . . τας τε καταβατικας και αντι . . . .  
 . . . σκιους

Los puntos muestran que no se dio cuenta de que estas líneas, al ser el título de un capítulo, están sangradas desde los márgenes para que sus lecturas constituyan un tramo de texto continuo. Ahora podemos leer y traducir las líneas 1 a 4 en su totalidad:

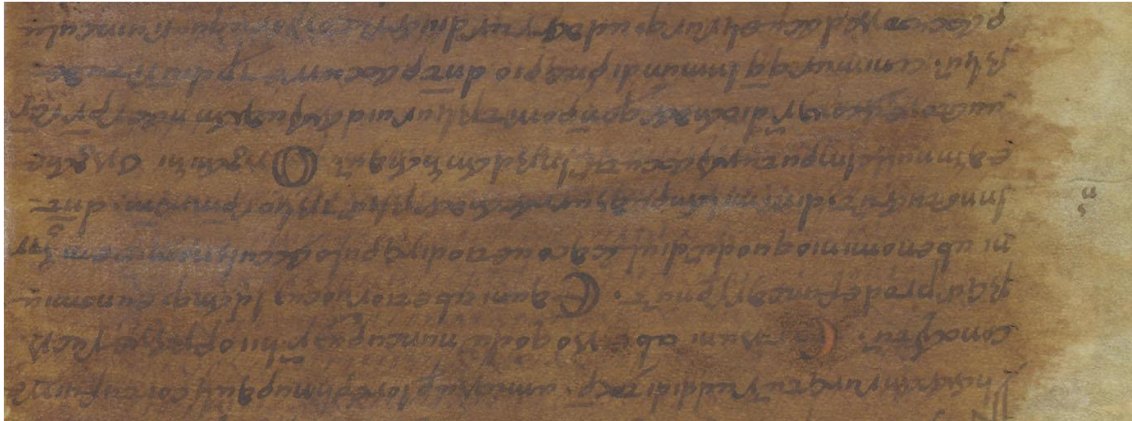
- 1 τίνα τρόπον ἐπισκεπταῖον (l. ἐπισκεπτέον).
- 2 τὰς τε κατ. αβατικὰς καὶ ἀντι-
- 3 σκίους γω. νίας ἐπὶ τοῦ ὑποτι-
- 4 [θ]εμένου κλ.ί.ματος.
- 1 De qué manera se debe examinar.
- 2 el thekatabatikê y anti-
- 3 skios ángulos en el hipo-
- 4 tético klima (es decir, latitud terrestre).

El capítulo en sí ocupa las líneas 6 a 26 y le sigue otro título de capítulo citado anteriormente (líneas 28 a 30).<sup>17</sup> El tema es un procedimiento computacional, no de observación. Se presupone que la longitud del Sol se ha fijado para una fecha dada usando algún tipo de marcador en el anillo del zodiaco y que el anillo del revólver se ha girado para que el Sol esté a la distancia ascensional adecuada del meridiano para el tiempo dado. Entonces, el anillo de inclinación total se manipula para que pase tanto por el cénit como por la posición del sol (en el texto esto se llama τὸ ἀτὰ κορυφὴν ἐπίπεδον, “el plano a través del cénit”, en terminología moderna un círculo vertical). El texto continúa (líneas 14-23; por imágenes ver Figs. 3, 4, 5, 6 y 7):

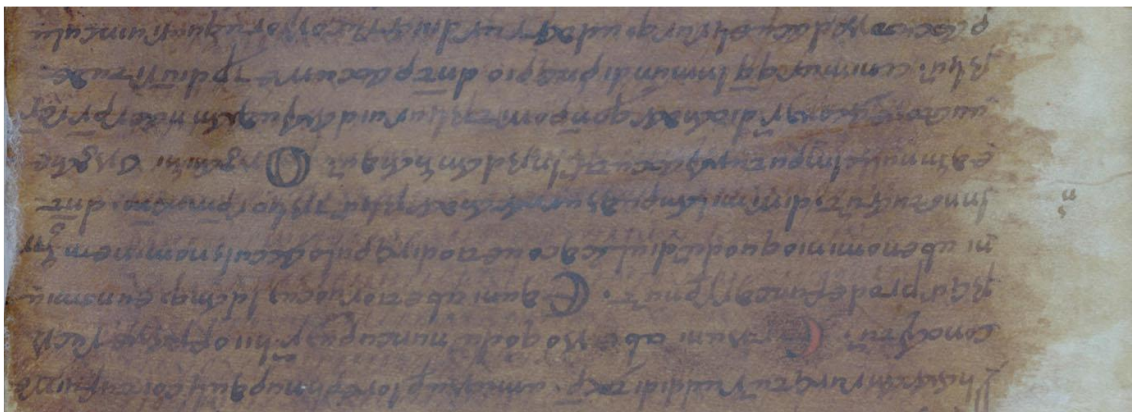
<sup>16</sup> Heiberg 1895, 5.

<sup>17</sup> Nuestra alineación sigue el diseño de página estándar de 30 líneas, por lo que las líneas 5 y 27 están vacías excepto por las filas de guiones que separan los títulos del texto principal.

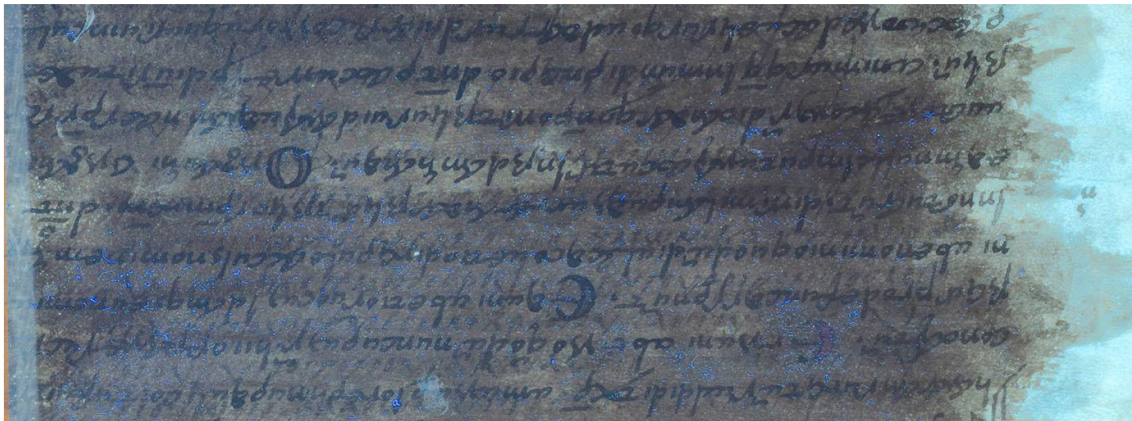
ἢ τε ἀπολαμβανομένη αὐτοῦ περιφέρεια ἢ μεταξύ τοῦ τε ἡλίου καὶ τοῦ κατὰ κορυφὴν (*about 3 incompletely legible words*) ὑποτ[ί]γουσα (*l. ὑποτείνουσα*) [τὴν] γωνίαν τὴν ὑφ' ἡμῶν καλουμένην καταβατικὴν καὶ τὴν λείπουσαν εἰς τὴν μίαν ὀρθὴν (ἦν) οὕτως ὠνόμασαν οἱ πρὸ ἡμῶν, καὶ ἔτι ἡ ἀπολαμβανομένη περιφέρεια τοῦ ὀρίζοντος μεταξύ τοῦ τε μεσημβρινοῦ καὶ τοῦ παγκλινούς, ὑποτίνουσα (*l. ὑποτείνουσα*) καὶ αὕτη τὴν γωνίαν <τὴν> ὑπὸ τῶν παλαιῶν ἀντίσκιον καλουμένην ...



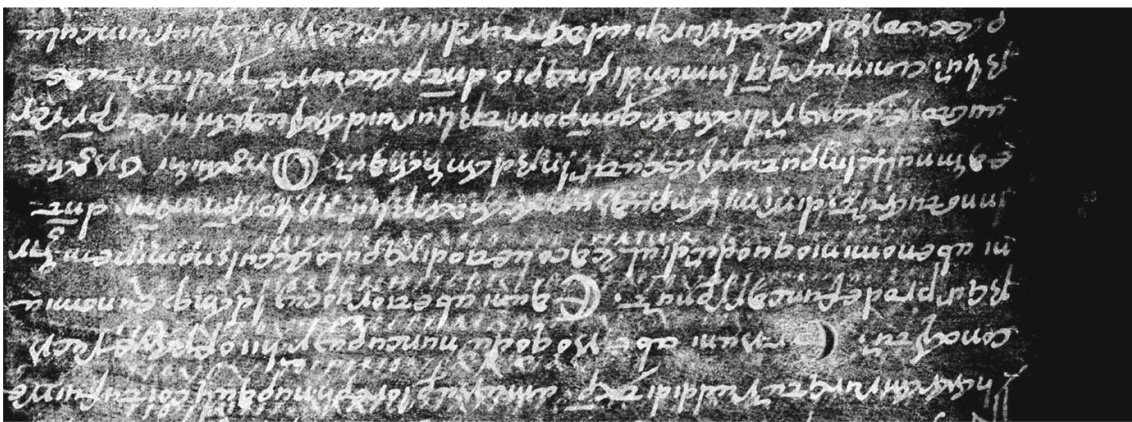
**Fig. 3** Ambrosianus L 99 sup., pág. 190, ll. 14–23, imagen en color de Lumière Technology. Sobretexto latino invertido en marrón y tenues rastros del subtexto griego. © Veneranda Biblioteca Ambrosiana/Mondadori Portfolio (figura en color en línea)



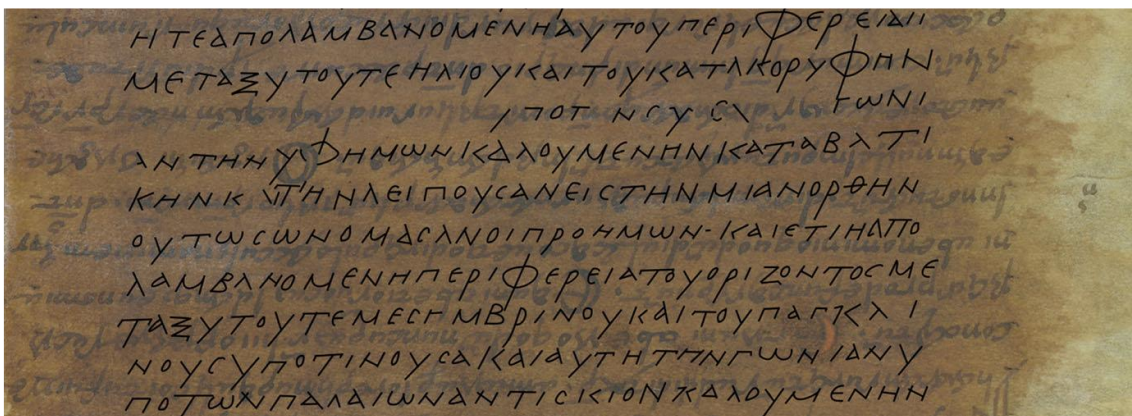
**Fig. 4** Ambrosianus L 99 sup., pág. 190, ll. 14–23, imagen en color logarítmica multispectral de la Biblioteca electrónica de manuscritos antiguos, procesada por Keith T. Knox. Sobretexto latino invertido en marrón y trazos realzados del subtexto griego. © Veneranda Biblioteca Ambrosiana/Mondadori Portfolio (figura en color en línea)



**Fig. 5** Ambrosianus L 99 sup., pág. 190, ll. 14–23, imagen de fluorescencia UV de Lumière Technology. Sobretexto latino invertido en marrón oscuro y subtexto griego en marrón claro. © Veneranda Biblioteca Portafolio Ambrosiana/Mondadori (figura a color en línea)

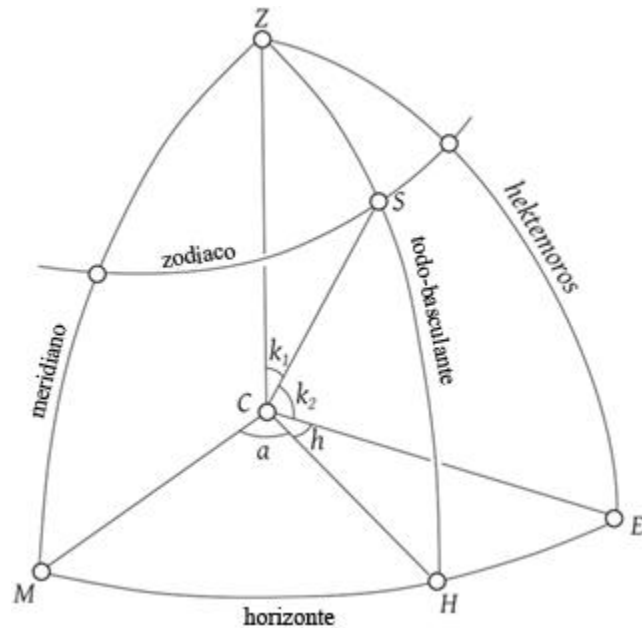


**Fig. 6** Ambrosianus L 99 sup., pág. 190, ll. 14–23, imagen multispectral e imagen de amplificación de capa procesamiento por Lumière Technology. El sobretexto en latín al revés y el subtexto en griego aparecen en blanco o gris claro. © Veneranda Biblioteca Ambrosiana/Mondadori Portfolio (figura en color en línea)



**Fig. 7** Ambrosianus L 99 sup., pág. 190, ll. 14–23, imagen en color con trazos superpuestos de subtexto en griego. © Veneranda Biblioteca Ambrosiana/Mondadori Portfolio (figura en color en línea)

**Fig. 8** Diagrama esquemático de la derivación de la *katabatikê* y ángulos antiskios en el meteoroscopia



...el arco de la misma (scil. el todo-basculante) cortado entre el Sol y el cenit (*alrededor de 3 palabras incompletamente legibles*) que subtiende el ángulo nombrado por nosotros *katabatikê* ("dirección hacia abajo") y el restante (ángulo para completar) un ángulo recto, para el que nuestros predecesores dieron este nombre (scil. *katabatikê*), y además el arco del horizonte cortado entre el meridiano y el todo-basculante, que a su vez subtiende el ángulo que los antiguos llamaban *antiskios* ("contrasombra") ...

En la Fig. 8, que muestra esquemáticamente la configuración de los anillos, C es el punto central del instrumento, S el Sol, Z el cenit, M el punto más al sur del horizonte, E el punto más al este del horizonte, y H la intersección del todo basculante —aquí funcionando como un círculo vertical— con el horizonte. El ángulo que el autor llama *katabatikê* y al que el autor dice que sus antecesores llamaron *katabatikê* son, respectivamente,  $k_1$  y  $k_2$ ; y  $a$  es el ángulo que, según el autor, sus predecesores llamados *antiskios*.

Estos ángulos son familiares del *Analemma* de Ptolomeo como parte del enfoque especializado de terminología de la teoría matemática de los relojes de sol (gnomónica), y crucialmente, la distinción entre nombres que hace el autor de nuestro texto entre su propia nomenclatura y la de los escritores anteriores concuerda precisamente con cómo Ptolomeo modifica el sistema de coordenadas de sus predecesores en *Sobre el analemma*<sup>18</sup>; ver especialmente ed. Heiberg pág. 191, l. 27–34:

En lugar del ángulo delimitado por el gnomon y el rayo, usan (el ángulo) que falta (para completar) un ángulo recto, y llamamos a este el *descensivum* (Traducción latina de William de *katabatikê*, cf. edición Heiberg pág. 191, ll. 5–6: *circulum quem uocamus katauaticum id est descensivum*). En lugar del ángulo que está acotado por la inclinación del *katabatikê* (arco) al círculo cenital (es decir, el gran círculo

<sup>18</sup> Sobre la modificación de Ptolomeo del sistema de coordenadas de sus predecesores, véase Luckey 1927, 19–23; ver también Neugebauer 1975, 849–850.

por el cénit y los puntos más oriental y occidental del horizonte), utilizan el comprendido por su inclinación al meridiano y lo llaman el *antiskios*, que significa “frente a la sombra”. (ed. Heiberg p. 191, l. 27–34—la última frase es el brillo de William)

El contenido de este capítulo proporciona la evidencia más sólida hasta la fecha de que el autor del texto nuevo es Ptolomeo.<sup>19</sup> Además, complementa nuestra información sobre la secuencia cronológica de sus obras.<sup>20</sup> Ya podríamos suponer que el instrumento, y el tratado que lo describe, posterior al *Almagesto* (que a su vez se completó después de 146/147 d. C., la fecha de la *Inscripción Canónica*) ya que el meteoroscopio es claramente un desarrollo del armilar de siete anillos. A esto, ahora podemos agregar la alta probabilidad de que *Sobre el Meteoroscopio* fuera escrito después de *Sobre el Analemma*, cuyo lugar en relación con los otros escritos de Ptolomeo estaba hasta ahora completamente indeterminado. un probable *terminus ante quem* es la composición de la *Geografía* de Ptolomeo, que se refiere a la meteoroscopio como algo establecido sobre lo que el lector podría aprender más en otros lugares.

También hay considerable evidencia lingüística de que este texto fue escrito por Ptolomeo. Lo más sorprendente es la superposición entre la frase ὥστε...καὶ μίαν ἐπιφάνειαν ποιεῖν τῶν τε κυρτῶν ἐμὲ μέρει καὶ τῶν κοίλων ἐπιφανειῶν (“de modo que... forma una sola superficie de las superficies convexa, respectivamente, y cóncava”, p. 251, ll. 1–4) y el casi idéntico ὥστε ... καὶ μίαν ἐπιφάνειαν ποιεῖν κατὰ τε τὴν κυρτὴν καὶ τὴν κοίλην en la descripción de Pappus del meteoroscopio (ed. Rome p. 7, ll. 3–4). De gran importancia también son sintagmas que no guardan relación con el tema astronómico: así, ἐφεξῆς δὲ καὶ (p. 251, l. 11) no está atestiguado antes del siglo II. CE, y raro después excepto por el uso masivo de Galeno, un contemporáneo de Ptolomeo; Ptolomeo y Alejandro de Afrodisias ambos lo usan dos veces, y ningún otro autor antiguo lo usa más de una vez. ἔνεκεν δὲ τοῦ + infinitivo (p. 249, ll. 6–7) y la forma aoristo παρεσημειωσάμεθα (p. 249, l. 9) son también “huellas dactilares verbales” de Ptolomeo. Si bien no es específico de Ptolomeo, φέρε εἰπεῖν (p. 195, ll. 28–29) lo usa a menudo (12 veces).

Las frases astronómicas características también se pueden identificar mediante TLG búsquedas en todo el corpus, como ἡ ὑπόθεσις τῆς κινήσεως αὐτοῦ (scil. τοῦ ἡλίου), “la hipótesis para su movimiento (esc. del sol)” (p. 241, ll. 21–22). Ptolomeo en sus obras conocidas usa tal frase no menos de cinco veces, mientras que ningún otro autor la usa más de una vez, y todos los que lo usan están fuertemente influenciados por Ptolomeo (es decir, Porfirio, Teón de Alejandría, Proclus, Manuel Bryennius y Theodorus Metochites). En otros autores, la misma idea se expresa con una sintaxis menos abrupta, por ejemplo, αἱ περὶ τὰς κινήσεις ὑποθέσεις (Aristóteles, Simplicio) o αἱ ὑποθέσεις δι’ ὧν ποιεῖται τὰς κινήσεις (Teón de Alejandría). Las palabras μοιρογραφία (p. 251, l. 23) y ἐμπολίζειν (p. 249, ll. 13, 15, y 27–28; pág. 251, l. 25; pág. 252, l. 11) y la frase ἡ τοῦ κόσμου θέσις (p. 190, l. 9), si bien no son exclusivos de Ptolomeo, también son característicos de su estilo.

Finalmente, también podemos argumentar por eliminación. Los tres candidatos más plausibles para autoría son Ptolomeo y sus comentaristas Pappus y Theon de Alejandría. Pero Pappus, que proporciona muchos detalles sobre las esferas armilares de Ptolomeo, en ninguna parte dice o implica que escribió un texto separado sobre el meteoroscopio. Por otro lado, dos manuscritos árabes contienen versiones estrechamente relacionadas de un texto sobre un anillo de nueve esferas armilar y atribuírselo a Teón.<sup>21</sup> En el siglo IX, Ibn Wādī al-Ya‘qūbī en su Crónica (Ta‘rīkh, p. 154–157 Houtsma) resumió un texto estrechamente relacionado, y lo atribuyó a Ptolomeo (p. 154–157 Houtsma).<sup>22</sup> La esfera armilar descrita en los textos árabes de 'Theon' y al-

<sup>19</sup> En el sistema de Ptolomeo, en lugar del ángulo que los primeros autores llamaron antiskios, Ptolomeo usa su complemento (designado ἡ τοῦ ὀπίσθιος, cf. ed. Heiberg p. 206, ll. 15–16 del griego), aunque la relación está algo oscurecida por la forma en que la define en el pasaje del *Analemma* que acabamos de citar. Este ángulo, h en la Fig. 1, puede haber sido mencionado en nuestro texto después de la p. 190l. 23

<sup>20</sup> Sobre la cronología, véase Jones 2020, 25–27.

<sup>21</sup> Agradecemos a Flora Vafea, quien está preparando la edición princeps de este texto, por compartir su trabajo con nosotros. Los manuscritos son Estambul, Topkapı Sarayı, Ahmet III 3505, ff. 117r–133v, y Bombay, Mulla Firuz 86, sig. 58r–72r.

<sup>22</sup> Houtsma 1883. Cf. Klamroth 1888, 20–23; una traducción al inglés se encuentra en Gordon et al. 2018, 420–424.

Ya'q̄ ubi se ensamblan precisamente de la misma manera que en el palimpsesto de Milán. Sin embargo, el texto griego, aunque tiene la misma estructura general (una introducción sobre el instrumento, seguida de una serie de capítulos con instrucciones prácticas para las medidas), exhibe muchas diferencias con el texto árabe. La explicación más razonable, ya dada por Richard Lorch, es que el texto árabe fue traducido (con algunos elementos de paráfrasis) de una obra de Teón sobre el meteoroscopia de Ptolomeo, y que al-Ya'q̄ ubi malinterpretó la atribución del texto que resumió.<sup>23</sup>

En conjunto, la evidencia demuestra que el texto recién descifrado de Ambrosiano L 99 Sup. es el tratado de Claudio Ptolomeo sobre su meteoroscopia, consistentemente con el contenido y el lenguaje del texto, y con su contenido en el mismo códice como el tratado de Ptolomeo *Sobre el Analemma*. Se está trabajando en este nuevo texto: siguiente una segunda sesión de imágenes, es de esperar mayor progreso en el desciframiento y la interpretación.

**Agradecimientos** La obtención de imágenes multiespectrales del manuscrito fueron financiadas por la Sorbonne Université. La investigación de Emanuel Zingg fue generosamente apoyada por la Sorbonne Université y Alexander von Humboldt. Beca de investigación para académicos experimentados con el Institut für Alte Geschichte und Epigraphik en Munich como institución anfitriona. Agradecemos a la administración de la Veneranda Biblioteca Ambrosiana de Milán, quienes hicieron posible la toma de imágenes y la autopsia del palimpsesto, especialmente Federico Gallo, Stefano Serventi y Vittorio Bergnach. También agradecemos a los miembros de los dos equipos que proporcionaron imágenes multiespectrales del palimpsesto y las procesaron para nosotros: Pascal Cotte y Salvatore Apicella de Lumière Tecnología; Michael Phelps, Damianos Kasotakis y Keith T. Knox de Early Manuscripts Electronic Library; Roger L. Easton Jr. del Instituto de Tecnología de Rochester; y Ken Boydston de MegaVision, Inc. Finalmente, agradecemos a Flora Vafea por compartir su trabajo sobre el texto árabe atribuido a Theon, y Cesare Pasini por responder a las consultas sobre imágenes anteriores del manuscrito.

## Declaraciones

**Conflicto de intereses** Los autores no tienen intereses contrapuestos que declarar.

**Acceso abierto** Este artículo tiene una licencia internacional Creative Commons Attribution 4.0, que permita su uso, compartición, adaptación, distribución y reproducción en cualquier medio o formato, siempre que a medida que otorga el crédito apropiado al autor o autores originales y a la fuente, proporcione un enlace a Creative Commons licence, e indicar si se realizaron cambios. Las imágenes u otro material de terceros en este artículo están incluidos en la licencia Creative Commons del artículo, a menos que se indique lo contrario en una línea de crédito a la materia Si el material no está incluido en la licencia Creative Commons del artículo y su uso previsto no está permitido por la regulación legal o excede el uso permitido, deberá obtener permiso directamente del poseedor del copyright. Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

## Apéndice

### Digitalización multiespectral del palimpsesto L99 Sup. de la Biblioteca Ambrosiana en Milán

Pascal Cotte y Salvatore Apicella

<sup>23</sup> Cfr. Lorch 1981.

## A1. Hardware

El sistema de barrido multiespectral (Fig. 9) consiste en la cámara de Lumière Technology<sup>24</sup> colocado sobre un trípode, un dispositivo de iluminación con dos fuentes de xenón y un soporte para libros.

La cámara utiliza: un sensor CCD lineal de 12.000 píxeles que se mueve dentro de la cámara para constituir una matriz de 240 Mp; un barril con 10 filtros de recubrimiento suave de ancho de banda (B.P.) 40 nm que cubren el dominio visible de 380 a 760 nm y 3 N.I.R. filtros de BP 100 nm a 800, 900 y 1000 nm; una óptica motorizada de 210 mm. El centro óptico de la cámara se coloca a una distancia de 157 cm de la página, asegurando una resolución de 600 ppp (píxeles de 42,3  $\mu\text{m}$ ).

Las fuentes de luz de xenón de 450 W están en el foco de los espejos elípticos en la dirección horizontal. Proyectan una línea vertical de luz semicolimada que escanea la página en sincronización con el movimiento CCD.

El conjunto (CCD, filtros, óptica, fuentes de luz) asegura un rango dinámico de imágenes a 79 dB con un C.T.F. / MTF por encima del 80%.

El soporte para libros (Fig. 10) mantiene en posición vertical la página a digitalizar, que se coloca detrás de un cristal de cuarzo.

Las imágenes de fluorescencia UV a 600 ppp se realizan por separado en el mismo soporte de libro con una cámara Nikon de 50 Mp y dos fuentes UV a 350 nm.

## A2. Procedimiento

Cada página a escanear se coloca a mano detrás del cristal, una cinta sujeta la página opuesta (Fig. 10). Escaneo multiespectral con cambios de filtro, enfoque individual y la grabación de archivos de 16 bits están automatizadas. El tiempo de escaneado de una página es de aproximadamente 30 minutos. El escaneado en fluorescencia UV se realiza en un segundo paso sobre el mismo libro pararse.

## A3. Procesamiento de imágenes

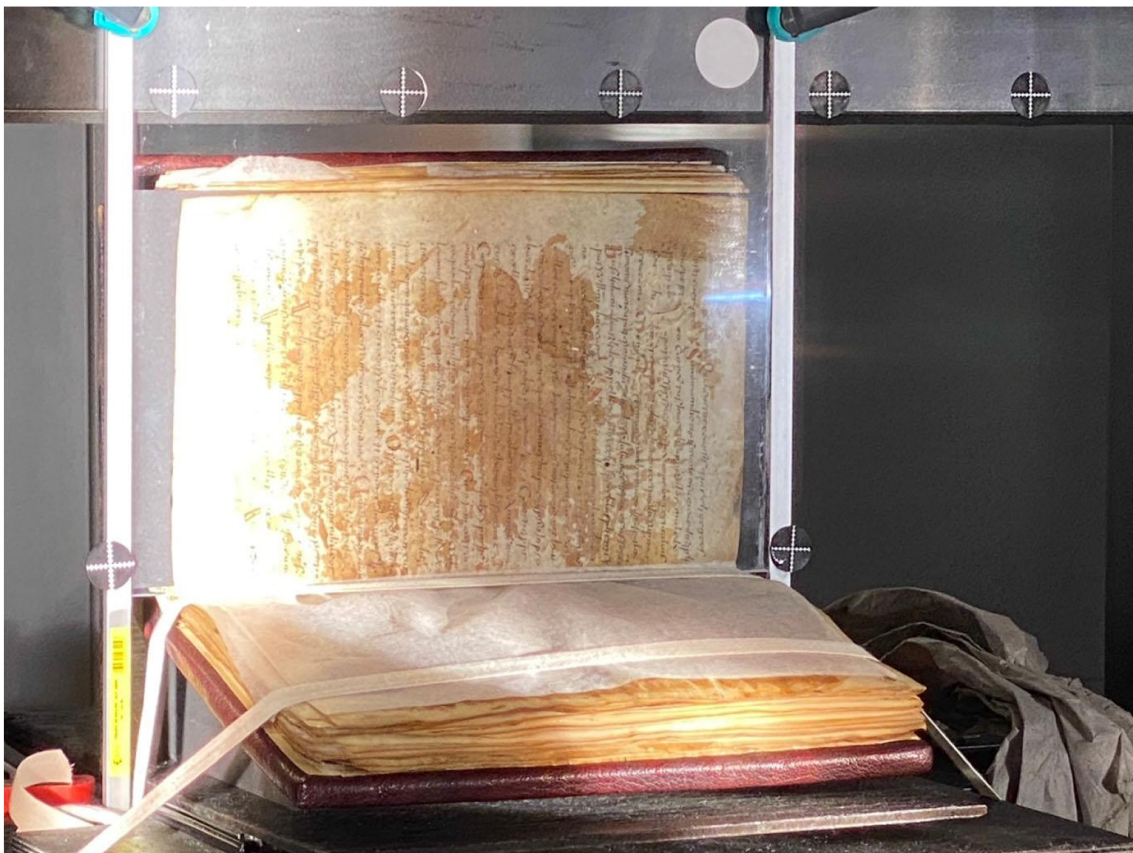
La imagen en color final se calcula a partir de CIELAB D65 después de aplicar campos planos, cambiar el tamaño sobre la imagen de referencia a 560 nm, y normalizando con el blanco de referencia (teflón).

---

<sup>24</sup> Cotte y Dupouy 2001, 2003; Cotte y Dupraz 2006a, b.



**Fig. 9** Configuración del equipamiento de la Biblioteca Ambrosiana



**Fig. 10** Atril para libros con cristal de cuarzo

Para facilitar la lectura de los palimpsestos, aplicamos los algoritmos de la Capa AmplificationMethod (L.A.M.),<sup>25</sup> que combinan todos los filtros, varias fórmulas con varios parámetros para obtener 1650 imágenes que reflejan la interacción luz/materia a diferentes profundidades en el espesor del pergamino.

Las imágenes de fluorescencia U.V. se superponen en el L.A.M. imágenes para ayudar a descifrar los casos más difíciles.

## References

- Belger, C. 1881. "Ein neues Fragmentum mathematicum Bobiense (hierzu zwei Facsimiletafeln)." *Hermes* 16, 261–284 and plates 1–2.
- Berggren, J.L., and A. Jones. 2000. *Ptolemy's geography: an annotated translation of the theoretical chapters*. Princeton: Princeton University Press.
- Cotte, P., and M. Dupouy. 2001. "A high resolution device for digitizing large size documents." US Patent No. 6,603,582 B1.
- Cotte, P., and M. Dupouy. 2003. "CRISATEL high resolution multispectral system." PICS 2003: Image Processing, Image Quality, Image Capture Systems Conference. Rochester, NY, 161–165.
- Cotte, P., and D. Dupraz. 2006a. "Spectral imaging of Leonardo Da Vinci's Mona Lisa: A true color smile without the influence of aged varnish." CGIV 2006 3rd European Conference on Colour in Graphics. Leeds, 311.
- Cotte, P., and D. Dupraz. 2006b. "Spectral imaging of Leonardo Da Vinci's Mona Lisa: An authentic smile at 1523 dpi with additional infrared data." *Archiving 2006*. Ottawa, 228–235.
- Cotte, P., and L. Simonot. 2020. Mona Lisa's spolvero revealed. *Journal of Cultural Heritage* 45: 1–9.
- Delambre, J. B. 1817. *Histoire de l'astronomie ancienne*. 2 vols. Paris: Courcier.
- Diels, H. 1877. "Das Fragmentum mathematicum Bobiense". *Hermes* 12: 421–425.
- Edwards, D. R. 1984. *Ptolemy's Περὶ ἀναλήματος*. PhD Dissertation, Brown University. 1984.
- Gordon, M. S., C.F. Robinson, E.K. Rowson, and M. Fishbein, eds. 2018. *The Works of Ibn Wādih al-Ya'qubī. An English Translation*. Vol. 2. Leiden: Brill.
- Gysembergh, V., A. Jones, and E. Zingg. 2021. "Greek Texts by and Related to Ptolemy Recovered from the Late Antique Palimpsest Ambrosiana L 99 Sup." Conference paper, 26th International Congress of History of Science and Technology, 26 July 2021.
- Heiberg, J.L. 1890. "Neue Studien über Archimedes". *Abhandlungen Zur Geschichte Der Mathematik* 5: 1–84.
- Heiberg, J.L. 1895. "Ptolemäus de Analemmate". *Abhandlungen Zur Geschichte Der Mathematik* 7: 1–30.
- Heiberg, J. L. 1907. *Claudii Ptolemaei Opera quae exstant omnia, volumen II: Opera astronomica minora*. Leipzig: Teubner.
- Heiberg, J. L. 1927. *Mathematici graeci minores*. Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab, Historiskfilologiske Meddelelser 13.3. Copenhagen: Høst.
- Houtsma, M. Th. 1883. *Ibn-Wādih qui dicitur al-Jaqubī*. 2 vols. Leiden: Brill.
- Huxley, G. L. 1959. *Anthemius of Tralles: A Study of Later Greek Geometry*. Cambridge, MA: Eaton Press.
- Jones, A. 1986. *Pappus of Alexandria: Book 7 of the Collection*. 3 vols. New York: Springer.
- Jones, A. 2016. "Introduction." in A. Jones, ed., *Time and Cosmos in Greco-Roman Antiquity*. New York: Institute for the Study of the Ancient World. 19–43.
- Jones, A. 2020. "The Ancient Ptolemy." in D. Juste et al., eds. *Ptolemy's Science of the Stars in the Middle Ages*. Ptolemaeus Arabus et Latinus Studies 1. Turnhout: Brepols. 13–34.

<sup>25</sup> Cotte and Simonot 2020. 123

- Klamroth, M. 1888. “Über die Auszüge aus griechischen Schriftstellern bei al-Ja‘q̄ubi. IV. Mathematiker und Astronomen”. *Zeitschrift Der Deutschen Morgenländischen Gesellschaft* 42: 1–44.
- Lorch, R. 1981. “The ‘Meteoroscope’ Attributed to Theon of Alexandria. A Study of the Arabic Sources.” I. International Congress on the History of Turkish-Islamic Science and Technology. Istanbul: İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi. 33–38.
- Luckey, P. 1927. “Das Analemma des Ptolemäus”. *Astronomische Nachrichten* 230 (5498): 17–46.
- Mai, A. 1819. *Ulphilae partium ineditarum in Ambrosianis palinsestis ab Angelo Maio repartarum specimen*. Milan: Regiis typis.
- Neugebauer, O. 1975. *A History of Ancient Mathematical Astronomy*, vol. 3. Berlin: Springer.
- Pasini, C. 2005. “I palinsesti greci all’Ambrosiana”. *Biblioteche Oggi*, Maggio 2005: 30–33.
- Pasini, C. 2008. “I palinsesti greci all’Ambrosiana: risultati di un indagine complessiva.” In *Libri palinsesti greci: conservazione, restauro digitale, studio. Atti del Convegno internazionale [...]* 21–24 aprile 2004. Rome. 223–229 with plate 1. Rome, A. 1927. “L’Astrolabe et le Météoroscope d’après le commentaire de Pappus sur le 5e livre de l’Almageste”. *Annales De La Société Scientifique De Bruxelles, Série A* 47: 77–102.

**Publisher’s Note** Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

## Authors and Affiliations

Victor Gysembergh<sup>1</sup> · Alexander Jones<sup>2</sup> · Emanuel Zingg<sup>1</sup> ·  
Pascal Cotte<sup>3</sup> · Salvatore Apicella<sup>3</sup>

Victor Gysembergh  
victor.gysembergh@gmail.com

Emanuel Zingg  
emanuelzingg@hotmail.com

Pascal Cotte  
pascal@cotte.com

Salvatore Apicella  
salvatore.apicella2@unibo.it

<sup>1</sup> Centre Léon Robin de recherches sur la pensée antique (UMR 8061), Centre national de la recherche scientifique, 1, rue Victor Cousin, 75230 Paris, France

<sup>2</sup> Institute for the Study of the Ancient World, New York University, 15 East 84th Street, New York, NY 10028, USA

<sup>3</sup> Lumière Technology, 322, rue des Garennes, 77310 Ponthierry, France