

LA CONSTRUCCIÓN DEL CONCEPTO DE CLIMA: ZONA, *KLIMA* Y METEOROLOGÍA EN LA EDAD ANTIGUA

The construction of the concept of climate: zone, *klima* and meteorology in the Ancient Age

DAVID GARCIMARTÍN ARENAS
Universidad Complutense de Madrid
ORCID: 0009-0004-5182-2626

Resumen

La relevancia actual del concepto de clima ha despertado gran interés por conocer cuándo y cómo surgió la idea de distribuir las condiciones atmosféricas en regiones geográficas. Los conceptos de zona y de *klima*, propuestos en la ciencia antigua, son sus antecedentes más remotos, pero cada uno de ellos se constituyó de manera independiente. Mientras el primero pertenece al discurso astronómico y define regiones térmicas según el ángulo de inclinación solar, el segundo refiere a las franjas latitudinales en que pueden dividirse las representaciones gráficas del mundo habitado. Ninguno de ellos, sin embargo, abarca el significado actual de zona climática, y tampoco en el saber antiguo sobre los meteoros puede rastrearse una noción comparable. En el marco de la filosofía natural, fundamentalmente la aristotélica, la coherencia de sus propios supuestos epistemológicos —el rechazo a la abstracción matemática y la falta de instrumentos de medida— impedía proponer este concepto teórico que integra múltiples variables físicas. El presente artículo estudia el sentido original de las nociones de zona, *klima* y meteoros en sus respectivos discursos. A partir de este análisis, se argumenta que la concepción del clima tal como lo entendemos hoy no fue posible hasta la transformación científica que tuvo lugar a partir del siglo XVII. Con ello, el estudio contribuye a una comprensión más rigurosa de la ciencia antigua y evita proyecciones conceptuales que distorsionan sus categorías desde una lectura anacrónica de los textos

Abstract

The current relevance of the concept of climate has sparked renewed interest in when and how the idea of distributing atmospheric conditions across geographical regions first emerged. The ancient notions of *zona* and *klima* represent its earliest precedents, though each arose independently. The former belongs to the astronomical tradition and defines thermal regions based on the angle of solar

Recibido: 19/02/2025 – Aceptado: 22/04/2025
<https://doi.org/10.47101/llull.2025.48.96.garcimartin>

LLULL, VOL. 48 (N.º 96) 2025 - ISSN: 0210-8615 (impresa) / 3020-6014 (en línea), pp. 145-168

Copyright: ©2025 Los autores. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0), debiendo otorgar el crédito adecuado al autor o a los autores originales y a la fuente.

inclination, while the latter refers to the latitudinal bands used in graphic representations of the inhabited world. Neither, however, encompasses the contemporary meaning of climatic zone, nor can a comparable notion be found in ancient knowledge about meteorological phenomena. Within the framework of natural philosophy —particularly the Aristotelian tradition— the coherence of its own epistemological foundations, such as the rejection of mathematical abstraction and the absence of measuring instruments, made it impossible to formulate a theoretical concept integrating multiple physical variables. This article examines the original and precise meaning of *zona*, *klima*, and *meteoroi* within their respective discursive contexts. Based on this analysis, it argues that the modern configuration of climate as a scientific object was only made possible by the epistemological transformation that began in the seventeenth century. In doing so, the study contributes to a more rigorous understanding of ancient science and helps to avoid conceptual projections that impose contemporary categories on classical texts

Palabras clave: Historia del concepto de clima, zonas climáticas clásicas, *klima* geográfico, meteorología aristotélica

Keywords: History of the concept of climate, classical climate zones, *geographical klima*, aristotelian meteorology

1. INTRODUCCIÓN

El clima es objeto de debate científico, político y, asimismo, adquiere sobresaliente protagonismo en los medios de comunicación. Hoy, como en diversas épocas de la historia —desde los relatos míticos de Noé o Deucalión y Pirra, hasta las profecías escatológicas sobre el fin del mundo por causas atmosféricas—, se observa con aprensión la naturaleza, y más que nunca parece haber motivos para ello. La crisis climática genera inquietud entre los ciudadanos, los gobiernos destinan recursos para favorecer la investigación en ecología y la actividad económica se ve condicionada por las transformaciones que se imponen en nuestro modo de vida. El clima adquiere así gran relevancia en todos los ámbitos.

Sin embargo, mientras que los informes del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), que evalúa riesgos y ofrece estrategias de mitigación, se propone llevar a cabo una investigación políticamente relevante pero metodológicamente neutral, se debe insistir en la imposibilidad de obviar la compleja y extensa historia de este concepto inserto en la filosofía, ciencia y cultura, bajo el cual subyace un profundo material simbólico.¹ Como todos los conceptos científicos, este se ha conformado históricamente, emergiendo en un período específico después de sucesivas transformaciones hasta llegar al sentido actual.²

1. HULME [2015, p. 175].

2. Si bien hay un debate actual entre científicos —véase LINÉS [1998] y HULME [2013]—, la literatura coincide en definir *klima* como el conjunto de variables atmosféricas —temperatura, humedad, precipitación, presión atmosférica, ventosidad— que, en un lugar geográfico determinado, se mantienen durante un tiempo prolongado.

Por tanto, la principal tarea que se impone para elucidar su significado es examinar su construcción a lo largo del tiempo.

Este artículo se propone analizar el concepto de zona y de *klima* en la ciencia antigua, ambos antecedentes de lo que hoy llamamos zona climática, y en cada caso se pone de manifiesto la distancia conceptual que los separa de su sentido actual. A partir del análisis de los textos de filosofía natural, se reconstruye el significado que los autores clásicos otorgaron a estas nociones, situadas en sus marcos disciplinares: el saber astronómico en el caso de zona, el cartográfico en el de *klima*. Mientras el primero remite a la división latitudinal de la Tierra según la incidencia solar, el segundo ordena la representación de la *oikumene* mediante franjas determinadas por la duración del día más largo del año. Asimismo, el artículo se completa con el estudio de la meteorología, fundamentalmente la aristotélica, que permite comprender por qué no pudo formularse dentro de sus términos una noción de clima como la que empleamos hoy. Para que ello fuera posible se requerirá una profunda transformación de la metodología científica: la incorporación de la cuantificación, la medición instrumental y la abstracción matemática. Tales condiciones no se dieron hasta el siglo XVII, cuando una serie de coyunturas históricas propiciaron el surgimiento de una nueva forma de conocimiento de la naturaleza que resultaba impensable desde el marco de un pensamiento coherente con Aristóteles.

En definitiva, se propone una historia del concepto de clima en sus orígenes con el fin de evitar lecturas anacrónicas de los textos antiguos y contribuir a una comprensión más precisa de los factores que permitieron su evolución en los períodos posteriores.

2. ZONA

Partiendo del supuesto compartido sobre la esfericidad de la Tierra y la inclinación de la eclíptica solar en $23^{\circ} 26'$ respecto al ecuador celeste, los antiguos astrónomos trazaron cinco paralelos notables sobre nuestro planeta con el plano ecuatorial como referencia de 0° . Hacia el norte y el sur de éste, a $23^{\circ} 26'$, se encuentran los trópicos, el de Cáncer y del Capricornio, y a $66^{\circ} 33'$ los círculos polares, el Ártico y Antártico. En los trópicos, durante el solsticio de verano los rayos solares alcanzan su punto máximo de altura e inciden de forma perpendicular, mientras que en el solsticio de invierno el Sol se eleva al punto mínimo sobre el horizonte y la luz incide con su mayor inclinación. Más allá de los círculos polares, el Sol permanece visible durante el solsticio de verano, lo que da lugar al sol de medianoche, con veinticuatro horas de luz continua. Este fenómeno se extiende hasta seis meses en el mismo polo, mientras que durante el solsticio de invierno los círculos polares marcan la región a partir de la cual el Sol no sale durante todo el día, lo que produce la noche polar, con un período de oscuridad continua que también se puede extender hasta medio año en el polo.

Las secciones delimitadas por estos paralelos fueron nombradas en sus orígenes como zonas (ζώνη), de las que se destaca su temperatura según el grado de inclinación del Sol a



Figura 1. Mapa de la Tierra seccionado en zonas.
Fuente: OLCINA [1996, p. 94].

diferente altura sobre la superficie terrestre.³ Entre los extremos del Polo Norte y el Polo Sur hasta el Círculo Polar Ártico y el Círculo Polar Antártico, respectivamente, se encuentra la zona frígida (*ψυχρά*); entre los círculos polares y los trópicos, la zona templada (*εὐκρατος*); y entre ambos trópicos, la zona tórrida⁴ (*διακεκαυμένη*).

Gracias a la Geografía (*Γεωγραφικά*) de Estrabón (63 a. C. – 23 o 24 d. C.)⁵ es posible conocer la evolución de este concepto a través del análisis que hace sobre el trabajo de autores anteriores.⁶ Según Estrabón, Posidonio (135 – 51 a. C.) afirma que Parménides (s. V a. C.) fue el primero en dividir la Tierra en cinco secciones según este sentido latitudinal,⁷ y a renglón seguido menciona que Aristóteles (384 – 322 a. C.) se hizo eco de esta clasificación, quien reiteró que el límite entre zonas estaba estrictamente marcado por los paralelos

3. Es importante destacar que, en este contexto, temperatura no refiere a una magnitud física cuantificable en términos de calor o frío, como ocurre en su acepción moderna. En el mundo griego, el calor era considerado una cualidad esencial de la materia, asociada tanto al fuego (caliente y seco) como al aire (caliente y húmedo). Estas cualidades no eran cuantificables, sino atributos que servían para explicar la naturaleza de los cuerpos. El primer termoscopio, un dispositivo para estudiar los cambios de calor sin escala, fue propuesto por Filón de Alejandría (siglo I d.C.) y Galeno (siglo I-II d.C.). Más tarde, generalizado el programa de matematización de la naturaleza, se suele decir que Galileo desarrolló el primer termómetro, que sí incluye escala [MIDDLETON, 1966, pp. 3-4], aunque según ČURIĆ y SPIRIDONOV [2023, pp. 66ss] deben añadirse otros nombres al origen de este instrumento.
4. Esta división se utiliza actualmente bajo el nombre de zona geoastronómica, naturalmente desde el modelo heliocéntrico, según el cual es nuestro planeta, inclinado 23° 26' respecto al Sol, el que gira a su alrededor. Su fundamento astronómico puede leerse en ALLABY [2009, pp. 163-168], y la terminología original en ESTRABÓN [*Geografía*, II. 2. 1-3]. Se cita la obra de este último con el libro, parte y epígrafe en que divide el texto la edición canónica en español.
5. Sobre el autor (siglo I a. C.), es reseñable el estupendo libro de la mayor experta en geografía antigua, AUJAC [1966]. Otro estudio más actualizado es el de PRONTERA [2003].
6. Aunque se discuta —muy brevemente— en un libro de esta materia, el concepto de zona no es estrictamente objeto de debate para la geografía, precisamente por la propia definición de geografía en la Antigüedad. Se ampliará con más detalle en el siguiente epígrafe.
7. ESTRABÓN, *Geografía* [II. 2. 2].

notables, o sea los trópicos y círculos polares. Estrabón continúa señalando que, “con razón”, Posidonio censura a ambos, lo que pone al lector sobre la pista de la existencia de un debate sobre cuáles eran las fronteras entre zonas, la principal complejidad respecto a este concepto:

Por un lado, las secciones dividían el globo terráqueo valiéndose de los límites precisos que marcaban los astros en su movimiento regular y uniforme, pero en maridaje con la idea de zona estaba la de habitabilidad, y en los textos de la época se asumía que los seres humanos sólo podían habitar la zona templada, pues la frígida y la tórrida ofrecían un entorno de temperaturas extremas. Ahora bien, dado que en época de Posidonio ya se tenía evidencia de que bajo el Trópico de Cáncer moraban el pueblo etíope, los geógrafos plantearon la disyunción de si había que aceptar la existencia de razas capaces de soportar un calor extremo o si, por otro lado, había que desplazar el inicio de la zona tórrida más al sur de los 23° N del Ecuador, y finalmente se optó por esta estrategia. Como resulta, a medida que se expandieron los límites del mundo habitado por el conocimiento de nuevos pueblos, al mismo tiempo se expandió el área de la zona habitable, es decir, la templada. Estrabón afirma que según Posidonio la zona tórrida comienza a la mitad de la distancia entre el Ecuador y el Trópico de nuestro hemisferio,⁸ pero a él corrige y ofrece la cifra de 10°N como límite.⁹ Como se verá, doscientos años después la frontera sur de la región habitada rebasará la línea ecuatorial, que llega con Claudio Ptolomeo (90 – 18 d. C) a los 8°S.¹⁰

Cabe mencionar, además, otro debate que también recoge sucintamente Estrabón relativo al número de zonas en que podía dividirse la Tierra. Polibio de Megalópolis en el siglo II a. C. propone una división hexapartita, pues consideraba que la zona tórrida debía separarse en dos según el Ecuador.¹¹ Sin embargo, Estrabón rechaza esta propuesta y no menciona otros autores que la defendieran, pues la considera superflua: si el criterio para seccionar la Tierra era la temperatura en su superficie en virtud del grado de inclinación del Sol, entre ambos trópicos no tendría sentido plantear una diferencia de calor entre una mitad norte y otra mitad sur.

Como puede verse, este concepto distribuye geográficamente la variable térmica, y por tanto se comprende la identificación que algunos autores contemporáneos han hecho con las actuales zonas climáticas. Sin embargo, un análisis profundo evidencia una serie de diferencias significativas sobre las cuales no se ha insistido lo suficiente, sino que más bien ocurre lo contrario.¹²

8. ESTRABÓN, *Geografía* [II. 2. 2].

9. ESTRABÓN, *Geografía* [II.1.13].

10. El límite norte, sin embargo, en ningún momento rebasa los 66° del Círculo Polar Ártico al no tenerse constancia de que latitudes más septentrionales estuvieran habitadas.

11. ESTRABÓN, *Geografía* [II, 3, 1].

12. Por ejemplo, Lucien BOIA [2005, p. 19], en un estupendo trabajo sobre la historia del clima en la cultura humana, afirma explícitamente que “el significado actual de la palabra ‘clima’ fue expresado a través de la palabra zona”, mientras que Michael Allaby [2009, p. 163], establece una clara continuidad entre los climas en Aristóteles —si bien el Estagirita no usó esa palabra en sus tratados, como se verá más adelante— y los mapas climáticos publicados en el siglo XX.

En primer lugar, el fundamento de la división zonal era astronómico, relacionado con la recepción lumínica y sus efectos en la intensidad del calor y del frío. Esta idea puede apreciarse en la Figura 1, que representa un mapa de la Tierra según el modelo griego, distribuido en zonas térmicas determinadas exclusivamente por la latitud y la incidencia solar. En contraste, en los mapas climáticos que los naturalistas han ofrecido desde el siglo XX hasta nuestros días tan importante como la temperatura son los demás factores atmosféricos, ya que se incluyen las variables de las precipitaciones, humedad, ventosidad y presión atmosférica. Un ejemplo representativo de esta concepción más compleja se encuentra en la figura 2, correspondiente al mapa elaborado por Wladimir Köppen [1936], en el que la distribución de las regiones climáticas se basa en múltiples variables combinadas. De hecho, ya en 1905 Robert Ward,¹³ uno de los primeros climatólogos profesionales de los Estados Unidos, al evaluar la relación entre los mapas climáticos recientemente publicados y los que podían extraerse de los textos antiguos, incidió en que estos últimos equivaldrían a las regiones geoastronómicas, las cuales sólo tienen en cuenta el factor fundamental de la temperatura según el grado de latitud terrestre. Por tanto, la división del mundo grecorromano sería análoga a la que propone un mapa térmico en tanto que distingue únicamente esta variable, a diferencia de la propuesta multifactorial del clima.

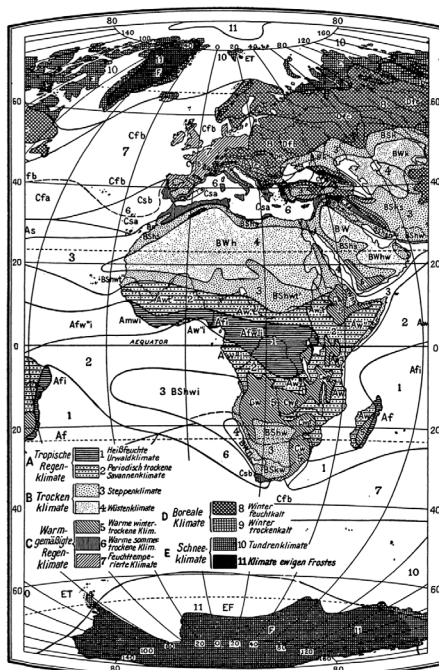


Figura 2. Sección de un mapa climático elaborado por Wladimir Köppen en 1936.

Fuente: KÖPPEN [1936, p. 32].

13. WARD [1905, p. 394].

Sin embargo, incluso al restringirse únicamente al factor térmico, esta distribución griega en zonas no constituye exactamente lo mismo que las zonas térmicas. La divergencia se hace patente a simple vista al comparar la figura 1 con la figura 3: aunque ambos mapas puedan parecer análogos en su propósito —organizar espacialmente la variable térmica—, cabe leer que revelan concepciones radicalmente distintas sobre el modo en que esta se distribuye y la propia naturaleza del conocimiento geográfico y climático. El mapa clásico, en efecto, presenta un planeta seccionado en cinco franjas longitudinales con fronteras perfecta circulares, delimitadas por círculos concéntricos que reflejan la idealización astronómica del movimiento solar alrededor, aparentemente, de nuestro planeta. En cambio, el mapa térmico moderno elaborado por Wladimir Köppen en 1884 muestra cómo la distribución de la temperatura real en la superficie terrestre da lugar a líneas irregulares, sinuosas y en ocasiones abruptas, lo cual refleja la complejidad inherente al sistema climático terrestre. Esta disposición responde al hecho de que la temperatura no depende exclusivamente del ángulo de incidencia solar —como asumían los antiguos—, sino que resulta de una compleja interacción de múltiples factores de orden biológico, geológico e hidrológico, como la altitud, la continentalidad, la circulación oceánica, la cobertura vegetal o incluso la presencia de núcleos urbanos.¹⁴ Esto explica, por ejemplo, por qué en lugares cercanos al Círculo Polar Ártico, como Islandia —y que los griegos, de haberla conocido, la habría incluido en el límite de la zona fría—, su temperatura no sea tan extremas en cuanto al frío si se compara, por ejemplo, con Siberia o Alaska, situadas a la misma latitud. Esta particularidad se explica por el transporte de calor a través de la corriente del Golfo de México, que hace llegar desde gran distancia su benéfico efecto para regocijo de los moradores islandeses.¹⁵ Por tanto, en cada región particular deben considerarse estos factores que no permiten distribuir la temperatura terrestre exclusivamente en función del criterio astronómico, los cuales naturalmente no pudieron contemplar en su momento Parménides, Aristóteles o Estrabón.

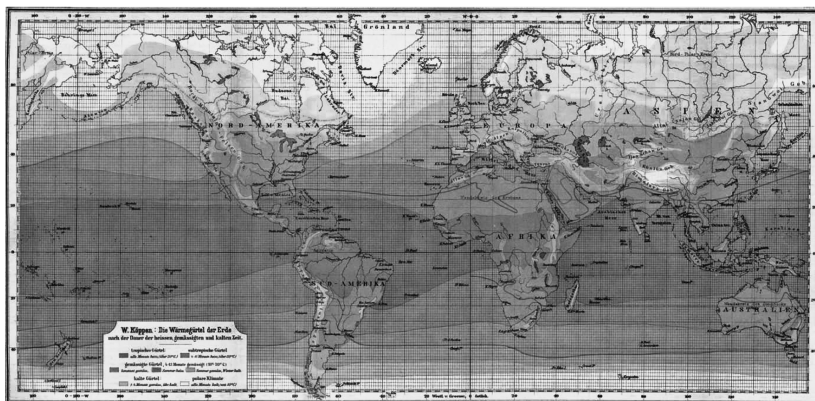


Figura 3. Mapa de la Tierra seccionado en zonas térmicas elaborado por Wladimir Köppen en 1884. Fuente: KÖPPEN [1884, p. 358].

14. Esto también lo hizo notar WARD [1905, p. 338].

15. VOITUIREZ [2006, p. 107].

3. KLIMA

El *klima* (κλίμα), en plural *klimata* (κλίματα) es tal vez el concepto más importante en la geografía antigua, y a la vez el más complejo y oscuro; resulta difícil, así pues, ofrecer de entrada una definición precisa del término debido a las varias discusiones que se abordarán a continuación. No obstante, a modo de introducción que facilite el posterior análisis se puede proponer una definición como sigue:¹⁶

Klima refiere a cada cinturón o franja de tierra contenida entre dos paralelos de latitud, límites marcados en función del aumento o disminución de media hora —o cuarto de hora— de luz solar en el día más largo del año, el solsticio de verano en nuestro hemisferio norte. Desde el modelo geocéntrico, según el cual el Sol realiza un movimiento aparente alrededor de la Tierra a lo largo de una eclíptica inclinada, las horas de luz que recibe cada región terrestre varían según la latitud. Igualmente, por efecto de la latitud, a medida que un observador se aleja del Ecuador hacia el norte, percibe que el punto en torno al cual giran las estrellas se eleva progresivamente sobre el horizonte, y precisamente de ahí su etimología: κλίμα significa «inclinación», y en los primeros textos se escribía la expresión κλίμα τοῦ κόσμου, o sea «inclinación del cielo». De esta división resulta una sucesión de *klimata*, es decir, franjas climáticas, cuya distancia latitudinal disminuye al acercarse al Polo Norte debido a la esfericidad de la Tierra.

Estas franjas que dividen nuestro planeta no se extienden por todo el globo terráqueo: el término *klima* es un concepto geográfico que se aborda en textos de esta disciplina, la cual fue definida esencialmente como cartografía, pues su propósito se reduce a representar un mapa del mundo.¹⁷ En efecto, el propio Ptolomeo, en su *Geografía* (Γεωγραφικά ὑφήγησις: “Guía para dibujar la Tierra”), define esta materia como la “copia por medios gráficos de la parte ocupada de la Tierra», que «muestra unidad y continuidad de la tierra conocida”.¹⁸ Más adelante vuelve a insistir: “El objetivo que se nos presenta es confeccionar un mapa de la *oikumene* que esté en mayor medida posible en proporción con la *oikumene* real”.¹⁹ El concepto de *oikumene* corresponde a la porción de tierra habitable y habitada, es decir, la región que, por un lado, se encuentra contenida en la zona templada —la única que ofrece condiciones térmicas tolerables— y, por otro lado, está efectivamente ocupada. La *oikumene* en la época de Ptolomeo ocupa un cuarto de la zona templada norte conformada por tres continentes: Europa (el límite norte es Thule, una isla sobre Irlanda sobre la que se discutía su existencia, y el límite oeste las Islas Afortunadas, o sea las Islas Canarias), Libia (el

16. Para ello se combinan los aportes de David R. Dicks [1955, p. 287], uno de los primeros historiadores de la geografía antigua interesado en este tema, junto con los matices de un texto actual de Dmitry SHCHEGLOV [2004,] quien también ha dedicado gran interés por comprender este concepto y su evolución.

17. GEUS [2016, p. 150].

18. PTOLOMEO, *Geografía* [I, 1]. Se cita su obra con el libro y el epígrafe en que divide el texto la edición canónica en español. (“Ἡ γεωγραφία μίμησις ἐστὶ διὰ γραφῆς τοῦ κατειλημμένου τῆς γῆς μέρους ὅλου”).

19. PTOLOMEO, *Geografía* [I, 2]. [“Προκειμένου δ’ ἐν τῷ παρόντι καταγράψαι τὴν καθ’ ἡμᾶς οἰκουμένην σύμμετρον ὡς ἐνὶ μάλιστα τῇ κατ’ ἀλήθειαν”].

continente africano, cuyo límite sur son los 8° S del Ecuador mencionados) y Asia (el límite por el este varía, pero para Ptolomeo es el Sinaí, China, a 180° de las Islas Afortunadas). Naturalmente, a medida que se retrocede en la historia de la geografía, como hemos señalado anteriormente, los contornos de la *oikumene* se nos presentan más reducidos, pues aún no se habían efectuado las suficientes exploraciones geográficas en las zonas fronterizas. En consecuencia, la porción de tierra que se representaba en los mapas y se dividía en franjas climáticas, o sea la zona habitada, era sólo una pequeña sección del globo terrestre que se ubicaba en la zona templada, o sea la zona habitable.²⁰

La división en *klimata*, basada en los paralelos geográficos, tiene un fundamento astronómico, pues depende de la recepción lumínica y de la duración del día durante el solsticio de verano, cuando el Sol alcanza su cenit en el recorrido aparente alrededor de la Tierra.²¹ Determinar la duración del día más largo del año, sin embargo, fue una tarea compleja y en muchos casos imprecisa. Este conocimiento se perfeccionó gracias a la evidencia obtenida por la medición en cada punto geográfico del ángulo que produce la sombra proyectada por el Sol en el *gnomon*, un instrumento introducido en Grecia por Anaximandro —una varilla vertical sobre un plano. A partir de estos ángulos se desplegaba el conocimiento trigonométrico para obtener de cada ubicación su latitud al norte del Ecuador y así la duración del día. El recorrido de los paralelos que delimitaban los *klimata* se trazaron desde la ciudad de Rodas, lugar en donde se experimentaban 14,5 horas de luz el 21 de junio, y posteriormente se establecieron las demás líneas hacia el sur y el norte con una variación de media hora más o menos de luz hasta llegar a los límites del *oikumene*. Este sistema puede apreciarse en la figura 4, que presenta una reconstrucción de la *oikumene* surcada por los siete *klimata* según los datos transmitidos por Estrabón. A la derecha del mapa se representan las franjas delimitadas por los paralelos, mientras que en el margen izquierdo se indican tanto la distancia en estadios como la latitud correspondiente en grados conforme al sistema desarrollado por Hiparco. Los límites de cada *klima* se establecen mediante ciudades emblemáticas del mundo antiguo, lo que se traduce en la siguiente secuencia de sur a norte: Meroë, 13 horas; Siene, 13,5 horas; Alejandría, 14 horas; Rodas, 14,5 horas; Helesponto, 15

20. La elaboración de mapas era una empresa teórica que tenía como objetivo el conocimiento de la Tierra, sus dimensiones o la ubicación de distintos pueblos, pero este trabajo estaba eminentemente motivado por sus beneficios en la práctica. ESTRABÓN en su *Geografía* [I.1.16] subordina el interés de la cartografía a la política, de modo que se acentúa el gran provecho que puede extraer el gobernante si conoce adecuadamente sus territorios y es capaz de orientarse. En ese mismo epígrafe rescata testimonios de la *Iliada* en los que Homero justifica los éxitos de Heracles por el conocimiento del terreno de batalla.

21. En todo momento se habla de longitudes y paralelos, y no de latitudes y meridianos, ya que fueron los primeros los que tomaron protagonismo en la geografía griega. Si bien es cierto que todos los mapas —o textos que indican cómo elaborar un mapa— mencionan las líneas verticales, era difícil ofrecer datos precisos. Desde Hiparco se supo que la latitud se puede medir a partir de la diferencia de hora entre dos lugares cuando acontece un eclipse lunar, pero naturalmente sin un reloj esta medición era compleja. Habrá que esperar a la invención del cronómetro marino, a principios del siglo XVIII, para alcanzar un conocimiento preciso [Shcheglov, 2016, pp. 689–690].

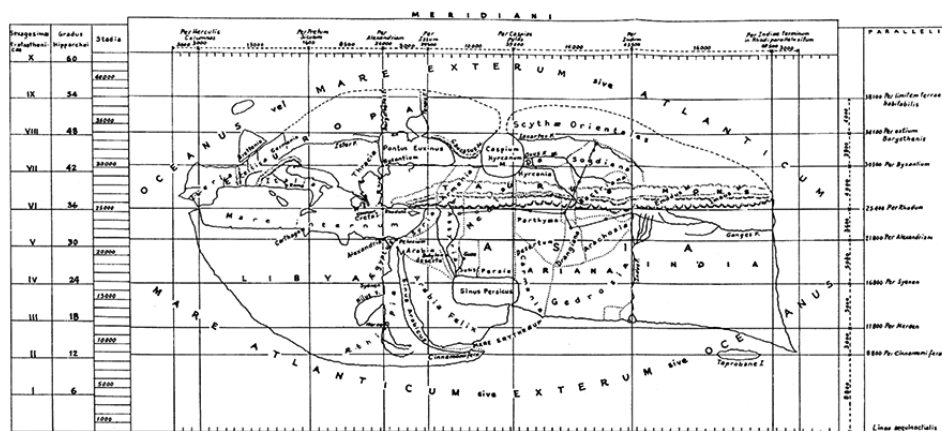


Figura 4. Reconstrucción de la *oikumene* seccionado en franjas climáticas según los textos de Estrabón.
Fuente: OLCINA [1996, p. 91].

horas; Bizancio, 15,5 horas; Borístenes, 16 horas²². Merece la pena mencionar que no fue casualidad el hecho de que las líneas atravesaran centros urbanos reconocibles: realmente se sacrificó la exactitud cartográfica en favor de la referencia cultural y funcional unos grados al norte y otros al sur, según el caso.²³

Esta caracterización inicial da paso a una historia mucho más intrincada, que presenta importantes obstáculos a la hora de interpretar con precisión el uso del concepto:

El primer obstáculo es la escasez de fragmentos conservados de los geógrafos antiguos que utilizaron en su origen ese término, en especial Eratóstenes e Hiparco.²⁴ El segundo obstáculo radica en que la fuente principal para estudiar a estos autores es Estrabón, a quien los intérpretes contemporáneos han puesto en duda su fiabilidad como historiador, pues parece que carecía del conocimiento matemático necesario para comprender la trigonometría que fundamenta el trabajo cartográfico del mundo griego clásico.²⁵ Por otro lado, respecto de Ptolomeo, quien posteriormente parece sintetizar en su sistema de *klimata* todo el conocimiento sobre esta materia, no está sin embargo claro, según los estudios historiográficos actuales, que se basara en Estrabón, ya que no lo cita explícita ni implícitamente;²⁶ por tanto, es posible conjeturar que pudo haber obtenido su información

22. ESTRABÓN, *Geografía* [II. 5. 34–43]. El nombre que recibe cada franja de tierra se conforma añadiendo el prefijo “dia” al nombre de las ciudades mencionadas, lo que resulta, por ejemplo, en el klima diaMeroë, diaBorístenes, etcétera.

23. Cfr. DILLER [1934], AUJAC [1987b], AUJAC [1987c], GEUS [2016].

24. AUJAC [1987c].

25. GEUS [2016, p. 151].

26. Un estudio actual que trata de reconstruir la influencia de Eratóstenes en el mapa del mundo de Ptolomeo, donde se señala el papel intermedio que jugó Estrabón como intermediario, puede leerse en SHCHEGLOV [2017].

de otros textos y tablas de mediciones astronómicas de los cuales no tenemos noticia.²⁷ Finalmente, la dificultad principal surge de que ni Estrabón ni Ptolomeo definen en ningún momento el concepto de *klima*, por lo que debe inferirse de su uso textos, pero en la mayoría de las ocasiones no aparece manifiestamente, sino que es intercambiable con el de paralelo (*παράλληλος*).²⁸

No es de extrañar, por tanto, que el uso del término haya generado un debate complejo entre filólogos e historiadores de la geografía, quienes intentan determinar quién utilizó el concepto por primera vez y en qué sentido.²⁹

Las primeras noticias que poseemos de la utilización de los supuestos geométricos y astronómicos para la división del espacio terrestre en la cartografía griega datan del siglo III a. C., aproximadamente. Dicearco de Mesina (255 – 285 a. C.) fue el primero en representar un mapa de la *oikumene* surcado por un paralelo y un meridiano ideales y rectilíneos que se intersectaban en Rodas, y fue gracias a su influencia que se tomó esta ciudad como punto de referencia para el trazado de los demás paralelos. Al conjunto de sus líneas lo denominó *diafragma* (*διάφραγμα*), y no *klima*, pero su modo de presentar el espacio fue determinante para el desarrollo de la cartografía.³⁰

Posteriormente, cabe la duda de si fue Eratóstenes de Cirene (276 – 194 a. C.) o Hiparco de Nicea (190 – 120 a. C.) —cuyas obras y principios científicos tuvieron una gran influencia en Estrabón y después en Ptolomeo—, quien utilizó por primera vez el término *klima*, o cuál de ellos propuso el sistema de *klimata*, independientemente de usar o no la palabra exacta.

Eratóstenes³¹ es considerado el padre de la geografía por haber acuñado la denominación que aún utilizamos en la actualidad para referirnos a esta disciplina,³² así como por su medición de la circunferencia de la Tierra, aprovechando los conocimientos de la Biblioteca de Alejandría, la astronomía griega y los relatos del periplo de Piteas de Massalia (siglo IV a. C.), lo que resultó en una cifra sorprendentemente cercana a la real.³³ Parece ser que fue el primero en relacionar la longitud geográfica con la duración del día y, a partir de las mediciones astronómicas realizadas con el *gnomon*, es decir, desde un método empírico, estableció en un mapa las coordenadas precisas del paralelo fundamental de Rodas, aunque

27. BIANCHETTI [2016, p. 149], PRONTERA [2016, p. 256].

28. DICKS [1955, p. 251], SHCHEGLOV [2004, p. 24].

29. Esto se refleja en los artículos de referencia de DILLER [1934], DICKS [1955] y SHCHEGLOV [2004].

30. Sobre Dicearco, *cfr.* CAUTADELLA [2016].

31. Una edición contemporánea que recoge fragmentos de su obra es la de ROLLER [2010].

32. BIANCHETTI [2016, p. 132].

33. Sobre el procedimiento, *cfr.* DILLER [1934, pp. 6 ss.]. Es relevante destacar que, si bien Estrabón aceptó la medida de la Tierra propuesta por Eratóstenes, Ptolomeo no. Esta discrepancia tuvo una influencia considerable en la posteridad, ya que en 1492, Cristóbal Colón asumió la medida de Ptolomeo —basada en el trabajo de Posidonio de Apamea—, el cual había reducido significativamente el tamaño del globo terráqueo. Este error llevó a la concepción de que la circunnavegación del mundo no sería una empresa de tan grandes dimensiones y motivo su viaje desde Huelva el 3 de agosto de 1492.

desgraciadamente no contamos con ese resto cartográfico.³⁴ En consecuencia, persiste la incertidumbre sobre si trazó paralelos auxiliares hacia el norte y el sur hasta conformar un mapa con los siete *klimata* clásicos —un logro que el propio Estrabón le atribuye—, así como sobre su uso o no del término.³⁵

Por otro lado, existe constancia de que Hiparco de Nicea dio a conocer una tabla astronómica en la que se indicaba, para cada ciudad, los fenómenos astronómicos observables³⁶. Aunque algunos estudios cuestionan si los datos procedían directamente de él, en la Antigüedad su trabajo no fue cuestionado. Entre los datos de esta tabla se incluyen mediciones de las sombras en el solsticio de verano, lo que permitiría determinar la latitud geográfica de cada lugar y, por tanto, la duración de la luz solar en el solsticio de verano; de esa tabla seleccionó ciudades cuya duración de la luz difería no en media hora, sino en un cuarto de hora, estableció las franjas climáticas y finalmente introdujo en cada franja correspondiente las diversas ciudades de las que poseía datos. Este procedimiento para establecer la sucesión *klimata* fue expuesto en su tratado perdido *Contra Eratóstenes* que conocemos gracias a Estrabón,³⁷ pero si realmente llegó a elaborar un mapa o sólo ofrecía instrucciones y mediciones es objeto de debate, pues tampoco ha llegado ningún dibujo suyo hasta nuestros días.³⁸

Ya en el siglo I a. C., la obra de Estrabón representó un punto crucial en la historia de la geografía. Aun sin añadir ninguna novedad sustancial al corpus geográfico más allá de corregir las medidas del mundo y completar la descripción de los lugares, ofrece una rigurosa sistematización de la utilidad, los fundamentos y la historia de este saber. En la presentación de la disciplina que se lee en el segundo libro,³⁹ tras evaluar a sus predecesores, presenta el sistema de los *klimata* —usa exactamente la expresión τῶν κλιμάτων— según las líneas astronómicas establecidas a partir de la tabla de latitudes de Hiparco, aunque en ocasiones afirma que el espíritu de su obra se basa en Eratóstenes. Inmediatamente después recoge la duración de los días durante el solsticio de verano en las siete ciudades que atraviesan los paralelos que conforman el sistema clásico de *klimata*, e insiste en que el geógrafo, puesto que sólo se propone como objetivo representar la tierra conocida, no tiene interés en dividir en franjas las zonas de las que no hay constancia que estén habitadas, más allá de la región templada. Sin embargo, evaluar la influencia temprana de

34. AUJAC [1987a, pp. 151ss], SHCHEGLOV [2004, p. 31].

35. DILLER [1934, p. 5] afirma con rotundidad la primacía de Eratóstenes en este sentido, pero estudios más recientes como el de AUJAC [1987, p. 157] y SHCHEGLOV [2004, p. 32] coinciden, por otro lado, que Estrabón pudo haber confundido sus fuentes, de modo que al mencionar explícitamente el trabajo de Eratóstenes más bien habla del de Hiparco.

36. Los fragmentos que se poseen hoy en día los ha recogido DICKS [1960].

37. AUJAC [1987b, p. 166].

38. GEUS [2016, p. 159] afirma no sólo que no dibujó un mapa, sino que se negó a hacerlos, porque su interés en representar correctamente los lugares no podía ser satisfecha al reconocer que carecía por el momento de suficientes datos.

39. ESTRABÓN, *Geografía* [II. 5. 34].

Estrabón es problemático; tal parece que ni Plinio el Viejo (siglo I d. C), ni Ptolomeo tomaron en cuenta su obra. Su redescubrimiento en el mundo occidental tuvo que esperar hasta 1410; posteriormente, en el siglo XVI Sebastian Münster se basó en él para escribir su *Cosmographia* y, ya definitivamente, los geógrafos del siglo XIX reconocieron el alto valor de su obra.⁴⁰

Obviamente, el siguiente paso conduce a la obra de Claudio Ptolomeo.⁴¹ Su principal contribución en esta materia viene la *Guía*, donde, además de definir la disciplina geográfica, reflexiona sobre su metodología científica: la geografía debe considerar tanto el registro de los viajes de manera crítica, evaluando la fiabilidad de cada explorador, como las observaciones astronómicas que, a partir de la posición de los cuerpos celestes medidos con el astrolabio y el *gnomon*, permite ubicar posiciones relativas de los lugares geográficos.⁴² Por otro lado, determina los límites de la *oikumene*: ofrece la dimensión latitudinal,⁴³ que se extiende desde los 63° N del Ecuador, en la región de Tule, hasta los 16° 25' S del Ecuador, la región de los etíopes, aproximadamente 80°, y la dimensión longitudinal, desde los 0° que establece en las Islas Afortunadas hasta los 180° hacia el sur, en tierras de China.⁴⁴ Finalmente, lo más importante es su magistral exposición sobre la teoría de la proyección cartográfica. En ella aborda el problema de cómo representar la superficie esférica de la Tierra en un soporte plano —el mapa— y propone tres métodos distintos según la finalidad del geógrafo.⁴⁵

Pero este texto, para su correcta comprensión, debe leerse a la luz del *Almagesto* (*Μαθηματικὴ Σύνταξις*: “Syntaxis matemática”). Ahí recupera la idea de que la duración de los días durante el solsticio de verano sirve para dividir el globo terrestre en franjas latitudinales y proporciona una lista de treinta y nueve paralelos (emplea el término *παράλληλον*) desde el Ecuador hasta el Polo Norte.⁴⁶ Ahora bien, aquí este concepto no equivale al de *klima*, pues la división en franjas resultante se extiende por toda la Tierra, superando los límites de la *oikumene*, y de hecho cuando habla de los paralelos que exceden la latitud 66° N, el inicio de la zona frígida, los introduce de la siguiente manera: “si quisiéramos, sólo teóricamente, investigar las características de las latitudes aún más al norte, encontraríamos lo siguiente, ...”.⁴⁷ Esto viene a advertir que todo lo que afirme sobre esos lugares son meras hipótesis acerca de lugares inaccesibles al ser humano a partir del el

40. PRONTERA [2016, p. 256].

41. El estudio más completo sobre Ptolomeo y su importancia en la astronomía, astrología y geografía es el de AUJAC [1993].

42. PTOLOMEIO, *Geografía* [I, 2ss].

43. PTOLOMEIO, *Geografía* [I, 7–10].

44. PTOLOMEIO, *Geografía* [I, 11–12].

45. La primera proyección se conoce como esférica simple [*Geografía*, I, 24], la segunda como cónica [*Geografía*, I, 24] y la tercera como estereográfica moderada, y cada una tiene su utilidad según el tamaño de la región a dibujar o la necesidad de conservar proporciones. Cfr. AUJAC [2016, pp. 322ss].

46. *Almagesto* [II, 6]. Se cita su obra con el libro y el epígrafe en que divide el texto la edición canónica en inglés.

47. Εἰ δὲ τις ἄλλος θεωρίας ἐνεκεν καὶ περὶ τῶν ἐν βορείοτερον ἐγκλίσεων ἐπιζητοῖ τι τῶν ὀλοσκεστέρων συμπτωμάτων, ...

procedimiento matemático de la astronomía, y por tanto más allá del alcance de cualquier observación y medición de los fenómenos. Inmediatamente,⁴⁸ en este punto identifica por contraposición los siete paralelos —usa igualmente la palabra *παράλληλον*— que ya sí se pueden identificar con el sistema de los siete *klimata* de Estrabón, pues se refiere a aquellos que atraviesan las ciudades más destacadas del mundo antiguo y sobre los cuales promete un estudio pormenorizado en un tratado de geografía, disciplina que dirige su atención exclusivamente a la tierra habitada.

En efecto, en la posterior Geografía,⁴⁹ Ptolomeo retoma este trabajo y ofrece su propia división de la *oikumene* basada en intervalos regulares de aumento o disminución de las horas de luz durante el solsticio de verano, ya sea por cuartos o medias horas, lo que depende del nivel de detalle requerido. Desde el Ecuador hasta los 48° N, emplea aumento de un cuarto de hora de luz solar el día más largo del año como en su momento hizo Hiparco. A partir de esa latitud, emplea el aumento de media hora de luz solar. Debido a la forma esférica de la Tierra, los cambios en la duración del día a medida que se acerca al Polo Norte se vuelven más pronunciados, y efectuarlo de otra manera resultaría en dibujar unas franjas sumamente estrechas.

Esta organización se plasma en la figura 5, que reconstruye, de acuerdo con el método de su segunda proyección, un mapa más extenso que el de Estrabón, tanto en alcance longitudinal como latitudinal⁵⁰. En el margen izquierdo del mapa pueden observarse los

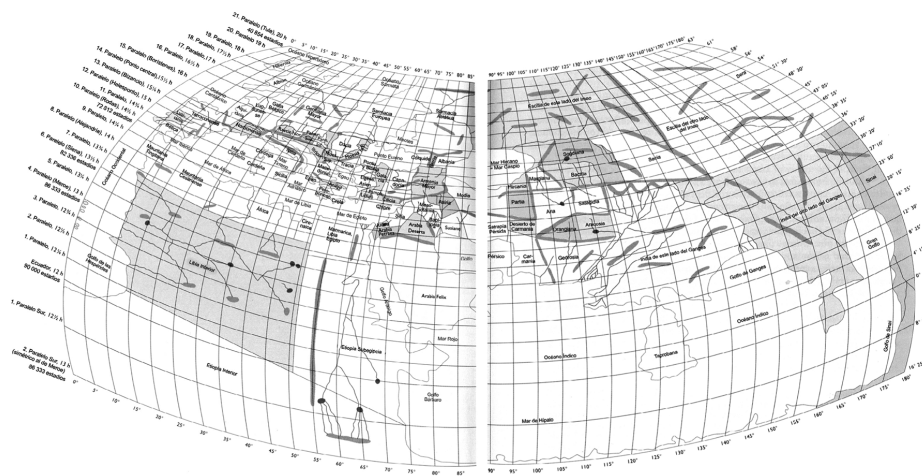


Figura 5. Reconstrucción de la *oikumene* seccionado en franjas climáticas según los textos de Ptolomeo.
Fuente: PTOLOMEO [2018, pp. 216–217].

48. *Almagesto* [II, 13].

49. PTOLOMEO, *Geografía* [I, 23].

50. PTOLOMEO, *Geografía* [I, 23].

paralelos geográficos, que abarcan desde los 63°N hasta los 16°S y, como resultado, rebasan el círculo ecuatorial, mientras que a la derecha se representa la distribución de las ciudades según los registros de los exploradores, e incluye regiones situadas más allá del Ganges, hasta los confines orientales del mundo conocido por los griegos en el siglo II d. C. Por otro lado, el mapa traza también 37 meridianos desde los 0°, fijados en el extremo occidental del mundo representado, hasta los 180° en el límite oriental, espaciados en intervalos regulares de 5°. Esta división longitudinal, sin embargo, respondía a una necesidad de estructuración geométrica más que a mediciones empíricas, dado que —como se ha mencionado— la determinación precisa de los meridianos resultaba especialmente compleja con los medios astronómicos disponibles en la época.

Sin embargo, esta expansión de paralelos no implica una redefinición del sistema de *klimata*. De hecho, Ptolomeo solo considera como tales a los siete clásicos comprendidos entre Meroë y Borístenes.⁵¹ Cabe pensar, escriben los intérpretes contemporáneos, que esta elección responde tanto a la incertidumbre sobre la habitabilidad de regiones más extremas como al simbolismo del número siete en la tradición astrológica, precisamente el número de planetas alrededor de la Tierra según se tenía constancia en ese momento —los cinco planetas errantes, el Sol y la Luna— con sus efectos astrológicos en cada una de las franjas. En efecto, Ptolomeo no fue sólo el mayor astrónomo y geógrafo de la época, sino también el mayor astrólogo, y entre sus obras está el *Tetrabiblos*, en el que recoge razonadamente todo el saber sobre las influencias astrales en nuestro planeta, indicando la influencia que recibe cada franja climática de uno u otro planeta⁵². En definitiva, en el mapa se pone de manifiesto que pese a su mayor precisión cartográfica, el modelo de Ptolomeo continúa anclado en las premisas cosmológicas y epistemológicas desde las que escribió Eratóstenes y Estrabón.

Llegado a este punto, todo lo anterior conduce inevitablemente a la pregunta por la relación entre este concepto y el clima tal como lo entendemos hoy, cuyo nombre apenas varía en la primera letra.

Klima es una franja de Tierra habitada en cuyo interior se experimentan las mismas condiciones astronómicas, eminentemente la duración de la luz solar. Y si la exposición solar influye en la temperatura de una región, es fácil comprender que haya quienes afirmen que el sistema climático en el mundo antiguo es en efecto un sistema de distribución de condiciones térmicas en regiones geográficas, e incluso se podrían incluir las condiciones meteorológicas en general según eran conocidas en ese momento.⁵³ Sin embargo, el único

51. Para esta exposición de la teoría general de los *klimata* en Ptolomeo no se ha mencionado ningún caso de su obra en que específicamente use ese término y no el de paralelo. Algunos ejemplos en los que el autor lo escribe en su *Almagesto* están recogidos por DICKS [1955, p. 250], cuando Ptolomeo ofrece distancias de un punto respecto del Ecuador [o sea latitudes] sirviéndose del conocimiento de la inclinación del Sol respecto del horizonte terrestre; o también lo vemos en *Geografía* [I, 15], sobre todo en discusiones concretas sobre si una ciudad pertenece a un *klima* u otro.

52. PTOLOMEO, *Tetrabiblos* [II, 1]. Se cita el libro y el epígrafe de la edición en castellano.

53. Así dijo DICKS [1955, p. 248], y más recientemente OLCINA [1996, p. 88].

modo de entender justamente qué significa un concepto en un momento determinado es acudir a los textos en que éste aparece y analizar el sentido específico que el filósofo le confería en su uso igualmente específico, y al efectuar este trabajo se evidencia que la frase anteriormente dicha no es estrictamente cierta. *Klima* es un concepto geográfico que delimita ciertas zonas de una región concreta de la Tierra, la zona templada, con el objeto de representar el espacio en un mapa. En estos términos, de Eratóstenes, Estrabón o Ptolomeo, así pues, se debe afirmar que no usaban el concepto de *klima* para subrayar diferencias atmosféricas entre las ciudades contenidas en cada franja, ni siquiera de temperatura, pues la asunción principal al hablar de *klima* es estar incluido dentro de la zona templada, en contraposición a la tórrida o la frígida.

Naturalmente, en el mundo clásico se tenía constancia de las variaciones de temperatura entre pueblos a distintas latitudes, póngase como ejemplo entre Rodas y Londinium. Sin embargo, para subrayar esas diferencias térmicas carecería de sentido emplear un concepto que ofrece las coordenadas geográficas de un lugar y no su estado de la atmósfera.⁵⁴ Sobre cómo se escribía de esto se pueden ofrecer varios ejemplos. El médico griego Hipócrates (460 – 370 a. C.), en su estudio sobre las diferencias entre el carácter moral de los asiáticos y europeos a causa de las condiciones ambientales, habla de ciertos lugares abrasados por el calor que además sufren la violencia del frío, donde las estaciones se diferencian fluctuando entre extremos;⁵⁵ Estrabón, al distinguir la singularidad de Iberia, menciona lo afortunado de su “atmósfera ambiente” (literalmente: τὸ περιέχον).⁵⁶ En ningún caso *klima* se emplea como término con un sentido atmosférico cuando se plantean explorar estas cuestiones. Bajo un clima u otro —podría decirse siguiendo el sentido antiguo—, la intensidad del calor es mayor o menor, lo cual es distinto de afirmar que un clima es cálido, definiéndolo de esa manera.

Para que esto ocurriera, como efectivamente sucedió, habría que esperar a una importante transformación acaecida a partir del año 1492, con el inicio de la expansión ultramarina europea. En este momento se abre un período de complejidades e innovaciones filosóficas imposibles de resumir con justicia en este punto, cuando el descubrimiento de un nuevo mundo, para la visión occidental, hace expandir la *oikumene*. Desde el siglo XVI, Tierra habitada y habitable abarca de norte a sur, y la división en franjas climáticas también.⁵⁷ Es a partir de este siglo y el XVII, a medida que se ampliaba el conocimiento global del planeta, que los *klimata* se suceden por la zona templada del hemisferio norte y sur, pero también por la zona tórrida intertropical e incluso la frígida. Consecuentemente, hablar de *klima*, o sea distinguir un *klima* de otro, implica relacionar de manera directa regiones espaciales con sus condiciones térmicas. El concepto, protagonista de la geografía, comienza a trasladarse a la naciente disciplina meteorológica. Este desplazamiento semántico, aunque incipiente, marca

54. MAUELSHAGEN [2016, p. 41].

55. HIPÓCRATES [2000, p. 133].

56. ESTRABÓN, *Geografía* [1. 1. 4].

57. Puede verse en el mapa de Giuseppe Rosaccio, en el siglo XVI–XVII [WOODWARD, 2007, p. 3].

el inicio de una profunda transformación conceptual que cristalizará siglos más tarde, después de la conjunción de numerosos factores.⁵⁸

Ahora bien, aunque los conceptos de zona y klima en la ciencia antigua permitieron organizar el espacio geográfico según criterios astronómicos, ninguno daba cuenta por sí mismo de las condiciones atmosféricas de cada región. Para explorar si acaso existió alguna forma de pensar estos fenómenos en la Antigüedad, debemos volvernos hacia la meteorología antigua, atendiendo siempre a los términos y supuestos epistemológicos propios de ese saber

4. METEOROLOGÍA

El desarrollo científico en la Antigüedad y su avance en la investigación empírica y análisis conceptual ha sido objeto de justificada admiración. En el caso de la meteorología, autores como Tales de Mileto (VI a. C.), Anaximandro (V a. C) y sin lugar a dudas Aristóteles buscaron la regularidad de las leyes naturales y expandieron el conocimiento recibido de Oriente.⁵⁹ En efecto, en la obra de este último se lee un tratado que describe el viento y los flujos de aire, las tormentas, el ciclo del agua, el origen de la nieve y, en general, los fenómenos que hoy englobamos como condiciones climáticas, y en él se ha intentado rastrear una noción de clima, aunque no estuviera articulado bajo los términos de zona o klima —que, como se ha visto, pertenecían a otro tipo de discursos—. Sin embargo, cualquier trabajo debe asumir la significativa distancia entre la meteorología contemporánea y el saber de los meteoros en el mundo antiguo a fin de evitar el riesgo de incurrir en anacronismos. Esta diferencia se pone de relieve no sólo al comparar sendos objetos de estudio, sino en el mismo estatuto epistemológico de lo que es la ciencia natural y sus métodos, lo que hace comprender que un concepto como el de clima, bajo su sentido actual, requirió de una aproximación científica inconcebible en el marco en las categorías antiguas.

Asumiendo Aristóteles un cosmos esférico cuyo centro lo ocupa la Tierra estática alrededor de la cual giran los distintos astros, el primero de ellos, la Luna, delimita la frontera entre el mundo sublunar y el supralunar. Más allá, la materia está formada por el éter perfecto, que determina el movimiento circular de los cuerpos celestes, mientras que bajo la Luna se distribuyen los cuatro elementos con sus propiedades, usualmente mezclados en los distintos cuerpos. La meteorología es la ciencia que se encarga de los meteoros —το μετέωρον, lo alto—, que define como “aquello [...] que se halla en inmediata vecindad con la traslación de los astros [...] y aquellos fenómenos que podemos considerar comunes al aire y al agua, así como todo cuanto son partes y especies de tierra y propiedades de dichas

58. Sobre este período de los siglos XVI, XVII y XVIII, en que se consuma la construcción del concepto de clima según el sentido meteorológico actual, falta todavía un trabajo que, más que reducirse a señalar las transformaciones, ahonde en sus verdaderas causas. MAUELSHAGEN [2016, p. 46], dice que “No se puede decir cuándo ocurrió ese cambio más que el qué ocurrió”. Los trabajos más interesantes, aparte del anterior, que tratan este tema pueden leerse en SANDERSON [1999], HEYMANN [2010] o BARRY [2012].

59. ČURIĆ y SPIRIDONOV [2023, p. 36].

partes”.⁶⁰ Por tanto, si se habla de meteorología antigua no nos referimos sólo al estudio de los fenómenos que tienen lugar en la atmósfera,⁶¹ sino también eventos astronómicos —como estrellas fugaces y cometas, o la Vía Láctea— y terrestres —como terremotos y volcanes—.

Sin embargo, lo más relevante en este contexto es evaluar el estatuto epistemológico del conocimiento que se encargaba de los meteoros. El objeto de la investigación es conocer sobre algo, afirma Aristóteles, y ese conocimiento debe captar el por qué de cada cosa, sus causas en los cuatro sentidos clásicos.⁶² El estudio de los fenómenos del mundo sublunar —animales, plantas, minerales y los cuatro elementos— entraña, por lo general, la dificultad de tratar el problema de la generación y la corrupción constante, pero en su meteorología se añaden otras dificultades: sólo pueden explicarse en términos de la materia de la que están compuestos y el agente que provoca la transformación, dejando de lado la causa formal y final.⁶³

En el centro de su meteorología Aristóteles explica estos fenómenos mediante las exhalaciones, una suerte de emanaciones sutiles que surgen de la acción del calor del Sol sobre el elemento de la tierra y del agua. La exhalación seca, originada del primero, es responsable de los vientos, rayos y terremotos, mientras que la exhalación húmeda, originada del segundo, provoca la lluvia, niebla o rocío. Así, reconoce que estos fenómenos son el resultado o subproducto de interacciones azarosas en cuanto procesos sin estructura fija y permanente, y por tanto no puede determinar, así pues, su forma definida, pero además evidencia que carecen de propósito final, o sea función específica en el orden de la naturaleza. De ahí que la explicación en términos de causa material (exhalaciones) y causa agente (el Sol) no se puede complementar con la explicación en términos de causa formal y final.⁶⁴

Asimismo, Aristóteles añade otra dificultad en el plano cognoscitivo: los fenómenos meteorológicos no son accesibles en su totalidad a través de los sentidos, eminentemente la fuente de conocimiento de la ciencia contemplativa. Su gran magnitud en el espacio y tiempo, así como la masiva interacción de numerosos procesos, hace imposible observar de manera directa y en su totalidad fenómenos como el ciclo del agua, que comporta atender a la evaporación de una masa de agua, la formación de las nubes, el desplazamiento de esas nubes a otra región, su condensación y precipitación, el transporte del agua hacia el mar o un lago; o el movimiento sísmico subterráneo, que acontece en regiones indeterminadas del interior terrestre cuyos efectos se perciben en lugares remotos.⁶⁵ Por tanto, Aristóteles asume

60. “Ταῦτα δ’ ἐστὶν ὅσα συμβαίνει κατὰ φύσιν μὲν, ἀτακτοτέραν μὲντοι τῆς τοῦ πρώτου στοιχείου τῶν σωματῶν, περὶ τὸν γειννιῶντα μάλιστα τόπον τῇ φορᾷ τῇ τῶν ἄστρον, ὅσα τε θεῖημεν ἂν ἀέρος εἶναι κοινὰ πάθη καὶ ὕδατος, ἔτι δὲ γῆς ὅσα μέρη καὶ εἶδη καὶ πάθη τῶν μερῶν”. ARISTÓTELES, *Meteorológicos* [338a–339a].

61. Debe apuntarse que el término atmósfera no existe en Aristóteles, y de hecho es un neologismo que se empieza a usar en el siglo XVII. De acuerdo con la estructura de su cosmos, la región entre la superficie de la Tierra y el cielo se denomina región aérea. Cf: MARTÍN [2015].

62. ARISTÓTELES, *Física* [194b 19–20].

63. ARISTÓTELES, *Meteorológicos* [339a]: “Para algunas de estas cuestiones carecemos de explicación, otras, en cambio, llegamos a comprenderlas en cierto modo”, [“τὰ μὲν ἀποροῦμεν, τῶν δὲ ἐφαπτόμεθά τινα τρόπον”].

64. MARTÍN [2006, p. 6].

65. MARTÍN [2011, p. 25].

que el conocimiento meteorológico es especialmente incierto, en ocasiones conjetural, y desde luego susceptible a cambios según se avance en la investigación, que en ningún momento él presenta como acabada, sino que más bien afirma lo contrario.⁶⁶

Todo esto permite entender por qué la meteorología aristotélica no podía dar lugar a un concepto de clima como el actual, el cual se fundamenta en la sistematización de fenómenos que ocurren en la atmósfera distribuidos en regiones geográficas. El estado prematuro de este saber testimonia lo que hay en el mundo natural de manera insuficiente, pero no debe pensarse que, con el tiempo, después de ganar un conocimiento más minucioso, hubiese sido posible el desarrollo de esta noción manteniendo los términos de la ciencia aristotélica. El sentido actual de clima surge en un contexto científico muy preciso, a partir del siglo XVII, y no podía “predestinarse por motivos científicos anteriores”,⁶⁷ sino que responde a una serie de contingencias filosóficas, científicas e incluso sociales y políticas acaecidas en el momento en que se difundió el programa de matematización de la naturaleza, lo cual, desde la lógica interna de la ciencia natural griega, no habría tenido sentido concebir.⁶⁸ La física aristotélica que prevaleció en el mundo occidental durante siglos puede caracterizarse como opuesta, en este punto, a la tradición pitagórica–platónica, ya que rechazaba la aproximación matemática al estudio de la naturaleza.⁶⁹ Matemática y física se constituyeron como dos tipos de conocimientos que no debían cruzar, pues en la realidad natural no existen con substancia propia los objetos matemáticos:⁷⁰ estos son una abstracción que efectúa la mente del investigador de las propiedades inmutables de los cuerpos, que prescinde de su dimensión material. La física, por el contrario, se encarga de los cuerpos sensibles y sus cualidades, sujetos al cambio, generación y corrupción.⁷¹

66. MARTIN [2011, p. 23 y ss.]. Estas características epistemológicas fueron precisamente las que hicieron tan popular y defendida esta meteorología hasta prácticamente el siglo XVIII. Filósofos como Agostino Nifo (1470–1538), Pietro Pomponazzi (1462–1525) y Jacopo Zabarella (1533–1589) no interpretaron los nuevos descubrimientos del siglo XVI, por ejemplo, la habitabilidad de la zona tórrida, como una refutación de la meteorología de Aristóteles, sino como una reconsideración que ayuda a completar el corpus de conocimiento.

67. HEYMANN [2010, p. 582].

68. Antes del siglo XVII hubo antecedentes de comprender la naturaleza desde la matemática por parte de algunos aristotélicos, como los de Oxford en el siglo XIV, si bien su alcance fue muy limitado. Sobre estos calculadores del Merton College, *cfr.* DI LISCIA, D; SYLLA, Edith D [2022].

69. No sólo la física aristotélica, sino también desde otras aproximaciones a la naturaleza no se empleó la matemática. Un ejemplo es LUCRECIO [siglo I a. C.], quien, desde el atomismo epicúreo, explica los fenómenos atmosféricos [Libro VI, versos 96–534] mediante una descripción cualitativa de la interacción entre los átomos. Su objetivo fue hacer comprensible el comportamiento de la naturaleza sin recurrir a la intervención divina, con el objetivo de liberar así al ser humano del temor a los dioses. Por su parte, SÉNECA, en *Cuestiones naturales*, también emplea un enfoque cualitativo al describir la influencia del principio racional sobre la materia pasiva en la naturaleza. Su visión estoica se refleja en su intención de fomentar la reverencia y la serenidad ante el mundo natural.

70. ARISTÓTELES, *Física* [193b–194a].

71. Bien es cierto que Aristóteles reconocía que para ciertos fenómenos naturales muy restringidos la aproximación matemática es apropiada, y por tanto es posible obtener un mayor grado de exactitud. Estas ciencias fueron llamadas mixtas, y consistían esencialmente en la astronomía y la óptica. *Cfr.* MARTIN [2011, p. 23]. Sin embargo, hasta que en el Renacimiento se recuperó el neopitagorismo —con su naturaleza mística poblada de influencias herméticas, alquímicas, etcétera— no se volvió al planteamiento de comprender matemáticamente toda la naturaleza, lo que influirá a Galileo.

El concepto de clima, se comprende, es una “abstracción construida”⁷² que relaciona la media de una serie de variables—temperatura, presión atmosférica, humedad, precipitaciones, ventosidad—cuantificadas en una escala tras un proceso de medición, y para ello, en primer lugar, se precisó del desarrollo de aparatos de medida. En la física antigua y medieval esta tecnología no debe interpretarse como faltante, sino que desde sus términos no se concebía. La intensidad del calor, el movimiento del aire o la saturación de la humedad se experimentaban por el investigador a través de los sentidos sin traducirlo a frecuencias precisas en el espacio y tiempo, lo que imposibilitó recoger y evaluar sistemáticamente los datos por cada región. Dispositivos como el termómetro, higrómetro, pluviómetro y barómetro surgieron a partir del siglo XVII desde el nuevo espíritu científico que se esfuerza por comprender la naturaleza desde la aproximación matemática cuando se reemplazó la explicación causal de Aristóteles.⁷³

Sin embargo, no sólo fue necesario parametrizar cada una de las variables atmosféricas durante un tiempo específico y en un lugar determinado. La distribución de estos valores en un mapa debe basarse en las medias estadísticas calculadas a partir de una recolección continua y masiva en todas las regiones de la Tierra durante largos períodos de tiempo. Cuánto debía extenderse este promedio temporal fue objeto de debate; en 1890 se defendía extenderlo a 35 años, pero algunos científicos proponían desde 11 a 50. Finalmente, en 1935 se optó por la media de 30 años que hoy en día sigue la Organización Meteorológica Mundial.⁷⁴

Como se comprende fácilmente, esta última condición no es sólo científica, sino social y política, pues sólo pudo cumplirse cuando se reconoció la importancia de la colaboración entre las agencias meteorológicas nacionales e internacionales. A instancias de los científicos, durante el siglo XVIII y XIX los gobiernos promovieron redes internacionales de medición en todos los lugares de sus territorios preparados para compartir sus datos con los demás países, y para ello hizo falta el trabajo previo de estandarizar las escalas de medición, seleccionar qué instrumentos debieran emplearse, en qué órdenes de magnitudes ofrecer las cifras o como dividir los días en el calendario;⁷⁵ en definitiva, unificar criterios de medición tras reconocer que la empresa científica tiene vocación de universalidad, y que el clima, especialmente, no puede estudiarse por parte de un solo investigador recluido en su observatorio.⁷⁶

72. HULME [2013, pp. 3ss].

73. ĆURIĆ y SPIRIDONOV [2023, pp. 63–129].

74. Sobre esto, *cfr.* HULME [2008, p. 199].

75. Durante el siglo XVIII, científicos y gobernantes llamaron a la cooperación internacional, pero su éxito fue limitado. A partir de 1873, con el primer Congreso Internacional de Meteorología en Viena se consiguió la estandarización. Sin embargo, hubo numerosas disputas políticas y el mundo anglosajón no aceptó medir la temperatura en grados Celsius, entre otros casos de discrepancias que persisten en la actualidad. Sobre esto, que excede el sentido de este trabajo, *cfr.* ĆURIĆ y SPIRIDONOV [2023, pp. 129–174].

76. HEYMANN [2010, p. 586], WARD [1905, p. 388].

4. CONCLUSIONES

En un contexto de creciente inquietud ante las consecuencias del cambio climático se ha estimulado el interés por comprender de manera más profunda qué entendemos por clima y, en consecuencia, dimensionar con mayor claridad la actual crisis climática.⁷⁷ Este concepto, lejos de ser evidente, debe ser abordado filosóficamente, atendiendo a su compleja construcción histórica y desvelando las raíces que configuran el sentido que adquiere en la actualidad. Esta urgencia práctica ha reactivado, además, el interés teórico por desentrañar la sorprendente y rica historia de este concepto en el seno de diversas ciencias desde el inicio de la filosofía natural.

Este recorrido histórico ha permitido comprender que el concepto contemporáneo de clima no deriva lineal ni directamente de las nociones antiguas de zona o *klima*, que tradicionalmente han sido consideradas sus equivalentes. Estas ideas son sus antecedentes, que, si bien relevantes, toman su sentido propio en su contexto de origen.

La noción de zona representó uno de los primeros intentos de dividir la superficie terrestre en regiones según criterios térmicos, pero su origen astronómico le otorgaba un carácter eminentemente geométrico. Las franjas se delimitaban por paralelos significativos marcadas por el ángulo de incidencia solar, y por tanto sin incluir otros factores atmosféricos que también inciden en la distribución geográfica del clima. Asimismo, la ausencia de mediciones específicas impedía distribuir el calor con precisión más allá de establecer *a priori* áreas, lo que hace inviable la comparación con los mapas térmicos actuales que surgieron a partir del trabajo empírico realizado en los siglos XVIII y XIX mediante la observación sistemática en todo el planeta.

El concepto de *klima*, por su parte, surgió en el ámbito de la cartografía como una herramienta para organizar espacialmente la representación en el mapa de la *oikumene*. Las franjas climáticas (*klimata*) se definían según la duración del día más largo del año, estableciendo una relación entre latitud y exposición solar. Aunque su denominación anticipa la palabra «clima», su contenido se limitaba al registro astronómico y geográfico, pues no incluye elementos meteorológicos. No será hasta el siglo XVI cuando comience una transformación semántica que conduzca a identificar *klimata* no solo con regiones, sino con las condiciones atmosféricas predominantes en ellas.

En cuanto a la meteorología antigua, especialmente en el marco aristotélico, su propósito era explicar los fenómenos del mundo sublunar según principios causales, pero sin recurrir a la cuantificación ni sistematización propia de la ciencia moderna. El rechazo aristotélico a la matematización de la naturaleza impidió el desarrollo de instrumentos y procedimientos que permitieran formular un concepto de clima como integración de múltiples variables. Solo a partir del siglo XVII, con la aparición de dispositivos de medición, la cooperación internacional entre observatorios y, además, el surgimiento de una nueva epistemología

77. HULME [2020, p. 276].

basada en la abstracción matemática, pudo construirse la noción de clima tal como la entendemos hoy.

La reconstrucción de esta historia no solo ha permitido una mejor comprensión de los textos antiguos en sus propios términos, sino que, al resaltar sus diferencias con respecto a la concepción moderna, ha contribuido también, desde esta aproximación histórica–filosófica, a clarificar la complejidad del concepto actual. Lejos de ser evidente, el clima es una noción teórica que sintetiza una serie de datos observables bajo una estructura coherente,⁷⁸ y cuya elaboración ha requerido siglos de transformación en la forma de conocer la naturaleza, la cual sólo puede valorarse adecuadamente si se comprende en su contexto filosófico y así no incurrir en anacronismos.

Desde los primeros esquemas astronómicos de la Antigüedad hasta las abstracciones estadísticas modernas, el concepto de clima ha atravesado una transformación paulatina y profunda, inseparable de los cambios epistemológicos que han definido las distintas épocas. A partir del siglo XVII, comienza a configurarse un nuevo modo de entender el clima como objeto científico y teórico. Un camino complejo, marcado por transformaciones sucesivas, cuyo desarrollo —a veces discontinuo, a veces ramificado—, refleja la complejidad misma del conocimiento científico, que en el período de la llamada Edad Moderna desde luego no se presenta de manera homogénea. En él, las nociones heredadas de la Antigüedad comienzan a reformularse y rearticularse dentro de nuevos marcos epistemológicos hasta configurar progresivamente un sistema conceptual distinto, desde el cual será finalmente posible hablar del clima en el sentido que hoy le atribuimos.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente los valiosos comentarios al artículo ofrecidos por Susana Gómez López.

BIBLIOGRAFÍA

- ALLABY, Michael (2009) *Atmosphere: A Scientific History of Air, Weather and Climate*. New York, Facts On File.
- ARISTÓTELES (2015) *Meteorológicos*. Madrid, Gredos.
- AUJAC, Germaine (1966) *Strabon et la science de son temps*. Paris, Les Belles Lettres.
- AUJAC, Germaine (1987a) “Greek Cartography in the Early Roman World. En: Matthew Edney y Mary Sponberg (eds.) *The History of Cartography*, 1. Chicago, The University of Chicago Press, 161-176.
- AUJAC, Germaine (1987b) “The Foundations of Theoretical Cartography in Archaic and Classical Greece”. En: Matthew Edney y Mary Sponberg (eds.) *The History of Cartography*, 1. Chicago, The University of Chicago Press, 130-147.

78. HEYMANN [2010, p. 587].

- AUJAC, Germaine (1987c) "The Growth of an Empirical Cartography in Hellenistic Greece". En: Matthew Edney y Mary Sponberg (eds.) *The History of Cartography*, 1. Chicago, The University of Chicago Press, 148-160
- AUJAC, Germaine (1993) *Claude Ptolémée astronome, astrologue, géographe: connaissance et représentation du monde habité*. Paris, Editions du CTHS.
- AUJAC, Germaine (2016) "The 'Revolution' of Ptolemy". En: Serena BIANCHETTI, Michele Cautadella y Hans-Joachim Gehrke (eds.) *Brill's Companion to Ancient Geography. The Inhabited World in Greek and Roman Tradition*. Boston, Brill, 313-334.
- BARRY, Roger (2012) "A brief history of the terms climate and climatology". *International Journal of Climatology*, 33, 1317-1320 <<https://doi.org/10.1002/joc.3504>>
- BIANCHETTI, Serena (2016) "The 'Invention' of Geography: Eratosthenes of Cyrene". En: Serena Bianchetti, Michele Cautadella y Hans-Joachim Gehrke (eds.) *Brill's Companion to Ancient Geography. The Inhabited World in Greek and Roman Tradition*. Boston, Brill, 132-149.
- BOIA, Lucien (2005) *The Weather in the Imagination*. Londres, Reaktion Books.
- CAUTADELLA, Michele (2016) "Some Scientific Approaches: Eudoxus of Cnidus and Dicaearchus of Messene". En: Serena Bianchetti, Michele Cautadella y Hans-Joachim Gehrke (eds.) *Brill's Companion to Ancient Geography. The Inhabited World in Greek and Roman Tradition*. Boston, Brill, 115-131.
- ĆURIĆ, Mladjen y SPIRIDONOV, Vlado (2023) *History of Meteorology*. Cham, Springer.
- DI LISCIA, Daniel y SYLLA, Edith (2022) *Quantifying Aristotle. The Impact, Spread and Decline of the Calculatores Tradition*. Leiden, Brill.
- DICKS, David (1955) "The ΚΛΙΜΑΤΑ in Greek Geography". *The Classical Quarterly*, 5(3-4), 248-255.
- DICKS, David (1960) *The Geographical Fragments of Hipparchus*. Londres, Athlon Press.
- DILLER, Aubrey (1934) "Geographical Latitudes in Eratosthenes, Hipparchus and Posidonius". *Klio*, 34, 12.
- ESTRABÓN (2016) *Geografía*. Madrid, Gredos.
- GEUS, Klaus (2016) "Progress in the Sciences: Astronomy and Hipparchus". En: Serena Bianchetti, Michele Cautadella y Hans-Joachim Gehrke (eds.) *Brill's Companion to Ancient Geography. The Inhabited World in Greek and Roman Tradition*. Boston, Brill, 150-161.
- HEYMANN, Matthias (2010) "The evolution of climate ideas and knowledge". *WIREs Climate Change*, 1(4), 581-597. <<https://doi.org/10.1002/wcc.61>>
- HIPÓCRATES (2000) *Sobre los aires, aguas y lugares*. Madrid, Gredos.
- HULME, Mike (2008) "Unstable climates: Exploring the statistical and social constructions of 'normal' climate". *Geoforum*, 40, 197-206. <<https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2008.09.010>>
- HULME, Mike (2013) *Why We Disagree About Climate Change: Understanding Controversy, Inaction and Opportunity*. Cambridge, Cambridge University Press.
- HULME, Mike (2015) "Climate. Living lexicon for the Environmental Humanities". *Environmental Humanities*, 6, 175-178.
- HULME, Mike (2020) "Historiographies and Geographies of Climate". En: Martin Mahony y Samuel Randalls (eds.) *Weather, Climate and the Geographical Imagination: Placing Atmospheric Knowledge*. Pittsburgh, University Pittsburgh Press, 274-279.
- KÖPPEN, Wladimir (1884) "Die Wärmezonen der Erde, nach der Dauer der heissen, gemässigten und kalten Zeit und nach der Wirkung der Wärme auf die organische Welt betrachtet". *Meteorologische Zeitschrift*, 1, 215-226. <<https://doi.org/10.1127/0941-2948/2011/105>>

- KÖPPEN, Wladimir (1936) "Das geographische System der Klimate". En: Wladimir Köppen y Rudolf Geiger (eds.), *Handbuch der Klimatologie*, 1(C). Berlin, Gebrüder Borntraeger.
- LINÉS, Alberto (1998) "Contribución al concepto de clima". *Territoris*, 1, 203-214.
- LUCRECIO (2016) *La naturaleza de las cosas*. Madrid, Alianza.
- MARTIN, Craig (2015) "The invention of atmosphere". *Studies in History and Philosophy of Science*, 52, 44-54. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.shpsa.2015.05.007>>
- MARTIN, Craig (2006) "Experience of the New World and Aristotelian Revisions of the Earth's Climates during the Renaissance". *History of Meteorology*, 3, 16.
- MARTIN, Craig (2011) *Renaissance Meteorology. Pomponazzi to Descartes*. Baltimore, John Hopkins University Press.
- MAUELSHAGEN, Franz (2016) "Ein neues Klima im 18. Jahrhundert". *Zeitschrift für Kulturwissenschaften. Romantische Klimatologie*, 10(1), 39-57. <<https://doi.org/10.25969/mediarep/13959>>
- MIDDLETON, William E. K. (1966) *A history of the thermometer and its use in meteorology*. Baltimore, John Hopkins Press.
- OLCINA, Jorge (1996) "El clima: factor de diferenciación espacial. Divisiones regionales del mundo desde la antigüedad al s. XVIII". *Investigaciones Geográficas*, 15, 79-98.
- PRONTERA, Francesco (2003) *Otra forma de mirar el espacio: geografía e historia en la Grecia Antigua*. Málaga, Ediciones Diputación de Málaga.
- PRONTERA, Francesco (2016) "Strabo's Geography". En: Serena Bianchetti, Michele Cautadella y Hans-Joachim Gehrke (eds.) *Brill's Companion to Ancient Geography. The Inhabited World in Greek and Roman Tradition*. Boston, Brill, 239-258.
- PTOLOMEO, Claudio (1984) *Ptolemy's Almagest*. Londres, Duckworth.
- PTOLOMEO, Claudio (2016) *Tetrabiblos*. Madrid, Dilema.
- PTOLOMEO, Claudio (2018) *Geografía. Capítulos teóricos // Γεωγραφικὴ ὑφή*. Ciudad de México, Ediciones UNAM.
- ROLLER, Duane (2010) *Eratosthenes's Geography. Fragments collected and translated, with commentary and additional material*. New Jersey, Princeton University Press.
- SANDERSON, Marie (1999) "The Classification of Climates from Pythagoras to Köppen". *Bulletin of the American Meteorological Society*, 80(4), 669-673.
- SÉNECA (1979) *Naturales Quaestiones*. Madrid, CSIC.
- SHCHEGLOV, Dmitry (2004) "Ptolemy's system of seven climata and Eratosthenes' geography". *Geographia antiqua: Rivista di geografia storica del mondo antico e di storia della geografia*, 13, 21-38.
- SHCHEGLOV, Dmitry (2016) "The Accuracy of Ancient Cartography Reassessed: The Longitude Error in Ptolemy's Map". *Isis*, 107(4), 687-706. <<https://doi.org/10.1086/689763>>
- SHCHEGLOV, Dmitry (2017) "Eratosthenes' Contribution to Ptolemy's Map of the World". *Imago Mundi*, 69(2), 159-175. <<https://doi.org/10.1080/03085694.2017.1312112>>
- VOITURIEZ, Bruno (2006) *La Corriente del Golfo*. Barcelona, Ediciones UNESCO.
- WARD, Robert (1905) "The Climatic Zones and Their Subdivisions". *Bulletin of the American Geographical Society*, 37(7), 385-396.
- WOODWARD, David (1987) "Medieval Mappaemundi". En: Matthew Edney y Mary Sponberg (eds.) *The History of Cartography*, 1. Chicago, The University of Chicago Press, 286-370.
- WOODWARD, David (2007) "Cartography and the Renaissance: Continuity and Change". En: David Woodward (ed.) *The History of Cartography*, 3. Chicago, The University of Chicago Press, 3-24.