

CONCEPCIÓN DE LA TIERRA A TRAVÉS DEL TIEMPO

DUBÁN HORACIO GARCÍA*

*Sobre la Tierra se levantó un firmamento
abovedado de bronce, en el cual las estrellas fueron
fijadas, y los pilares por los cuales todo esto era
apoyado estaban sostenidos por Atlas*

Tozer (1897)

* Ingeniero Químico de la
Universidad Nacional de
Colombia, Sede Medellín.
Astrónomo aficionado.
Correo electrónico:
duvanhora@gmail.com

El estudio de la historia de la geodesia muestra el progreso en el conocimiento sobre temas relacionados con la forma y el tamaño de la tierra, y con las posiciones relativas de los continentes sobre la superficie. Las primeras ideas del ser humano acerca de la tierra a su alrededor probablemente incluían poco más allá de lo que podían ver, ya que la vista estaba limitada por el horizonte; en consecuencia, la superficie parecía plana. La idea de la esfericidad no se generó hasta que los filósofos de la Gre-

cia clásica aplicaron la razón al problema, y unos quinientos años antes del nacimiento de Cristo la tierra fue concebida como esférica.

Si partimos de la definición de que la historia hace referencia al período de tiempo del que se conservan registros escritos, o sea, a partir del desarrollo de la escritura, se tiene que la capacidad mental del hombre de concebir y representar el territorio en el que vive antecede al arte de la escritura: la existencia de los mapas es más antigua que la historia misma. El final del período prehistórico, claramente identificado con el surgimiento de la escritura, tuvo una marcada variación en términos de zonas geográficas, y en el presente ensayo solamente citaremos dos regiones: Oriente Medio, donde surgen la escritura y las grandes civilizaciones de Mesopotamia, hace aproximadamente cinco mil años, y Egipto, para donde básicamente puede afirmarse lo mismo.

Quizá la característica más determinante del período neolítico es que en él se da la transición de la forma de vida nómada a la sedentaria, apareciendo la agricultura y con ella los primeros asentamientos humanos permanentes y, por ende, los primeros indicios de civilización. Tras siglos de evolución surgen la escritura y las primeras manifestaciones de conocimiento sistemático: matemáticas, geometría y cosmografía. El período neolítico medio, hace unos 5.500 a 4.500 años, fue el momento en que se formuló la idea geométrica del espacio, y cuando el cosmos llegó a ser concebido como con un patrón descifrable. Las cosmologías antiguas revelan dos visiones básicas del universo: las cosmologías ancestrales de tierra circular plana, como en las civilizaciones babilónica, egipcia y griega primitivas, que más tarde serán reemplazadas por cosmologías esféricas, característica de la civilización griega clásica.

En cierto momento de su evolución cultural resultó ventajoso para el hombre estructurar la información sobre los aspectos espaciales de su entorno y comunicarlo a los demás; así, la *espacialización*, entendida como un sentido global de un espacio material en el que está encapsulado lo social, fue probablemente uno de los más primitivos aspectos de la conciencia, y en el que los atributos del espacio como la distancia, el área, la dirección y la ubicación, empiezan a tener significado. Existe evidencia

arqueológica de que durante el período neolítico el hombre poseía tanto la capacidad cognitiva como las habilidades manuales para traducir conceptos espaciales en imágenes materiales permanentemente visibles del territorio en que vivía. Tales representaciones serían equivalentes a una *vista de pájaro instantánea* del territorio, e implican un avance cognitivo consistente en desplazar el punto de vista humano a una *localización totalmente imaginaria*, desde la cual la superficie del mundo puede ser fielmente examinada para entonces poder representarla. No se puede negar que al menos algo del impulso cartográfico del hombre se manifiesta en el arte de los antepasados prehistóricos.

Aunque su producción pudo ser abundante, aquí mencionaremos solo algunos ejemplos considerados como representativos de los mapas prehistóricos. A la pintura mural de Catal Huyuk en Konya, Turquía, se le ha asignado una antigüedad de ocho mil años, y tiene un contexto arqueológico bien documentado; la pintura en sí tiene casi tres metros de largo y ha sido interpretada por diferentes arqueólogos como la representación del pueblo neolítico. Un mapa inscrito en una tablilla de barro descubierta en la excavación de la ciudad en ruinas de Ga Sur, en Irak, a unos doscientos kilómetros al norte de Babilonia, mide siete centímetros de largo y tiene una antigüedad de cuatro mil quinientos años; en él se representa la zona septentrional de Mesopotamia, cruzada por el río Éufrates. El mapa petroglifo, tallado en roca, de Bedolina, en los Alpes italianos, es de hace unos tres mil quinientos años, cubre casi toda la superficie de roca hoy expuesta y mide unos 2,30 por 4,16 metros. Varios arqueólogos indican que se produjo como una representación exacta de parte del paisaje cultivado en el fondo del valle.

La civilización babilónica de Mesopotamia, la zona geográfica del Oriente Próximo ubicada entre los ríos Tigris y Éufrates, reemplazó a la sumeria y acadia hacia el 2000 a. C., y tuvieron como sede principal a la ciudad de Babilonia, la de los míticos *jardines colgantes*. Los babilonios desarrollaron una escritura cuneiforme: caracteres grabados con una cuña de madera sobre una tableta de arcilla; disponían de un sistema numérico avanzado de base 60, en lugar de base 10 del sistema moderno.

Con respecto a la geometría, conocían el círculo, al que dividían en 360 unidades, y disponían de fórmulas matemáticas para el cálculo de su área y de su circunferencia, perímetro o tamaño. En cuanto a su cosmología, los babilonios concebían una tierra en forma de disco plano o círculo flotando en el océano, con la bóveda del cielo arqueada sobre ella. Adicional a su hábito normal de escribir en tabletas de arcilla, los babilonios también las usaban como superficies para dibujar, como es el caso del mapa babilónico del mundo, que muestra las relaciones entre las zonas legendarias más allá del océano y el mundo babilónico; tiene dimensiones de 12,5 por 8 centímetros, y una antigüedad de 2.600 años.

La civilización egipcia también se remonta al Neolítico medio, y de manera independiente se inventaron durante ella diferentes tipos de escritura, siendo la jeroglífica la más conocida. Se hicieron además notables avances en matemática y geometría, como lo demuestran dos rollos de papiro conservados: el papiro de Moscú en el Museo Pushkin, y el papiro de Ahmes en Londres; estos son los principales tratados matemáticos del antiguo Egipto que han sobrevivido, y de ellos se desprende que los egipcios estuvieron muy familiarizados con el círculo y con las fórmulas para determinar su área y circunferencia.

Para el año 2500 a. C. los egipcios ya observaban sistemáticamente el cielo, y se percataron de que las estrellas realizaban un giro completo en poco más de 365 días; igualmente, comprobaron que el ciclo del sol concordaba con el de las estaciones y con el crecimiento anual del río Nilo, lo que les sirvió para elaborar un calendario solar. La cosmología egipcia primitiva estaba profundamente entrelazada con su mitología: el cielo estaba representado por Nut, una diosa con forma de mujer que arqueaba su cuerpo extendiendo sus extremidades para abarcar todo el firmamento; el dios Geb, la tierra, le servía de soporte, correspondiendo los puntos en donde se apoyaba a los cuatro puntos cardinales. El cuerpo arqueado de Nut daba origen a la bóveda celeste, identificada con Shu, una deidad cósmica que personifica el aire atmosférico y la luz celeste. Nut paría diariamente al sol, el dios Ra, quien viajando sobre su cuerpo arqueado llegaba hasta su boca para desaparecer en su interior, y entonces renacer al día siguiente.

La percepción egipcia del mundo terrenal y del espacio que en él ocupaba Egipto la encontramos en la tapa de un sarcófago conservado de la dinastía XXX (380-343 a. C.): un círculo interior presenta una lista de provincias egipcias, mientras que un segundo círculo externo contiene símbolos que representan los países extranjeros; así, queda claro que Egipto se concibe como el centro del mundo.

La civilización griega se remonta hasta el año 2800 a. C., y aunque tomó mucho de las civilizaciones circundantes, como la egipcia y babilonia, los griegos construyeron una civilización y una cultura propias que es la más impresionante de todas las civilizaciones. La influencia de los egipcios y los babilonios se sintió casi seguramente en Mileto, una ciudad de Jonia en Asia Menor y lugar de nacimiento de la filosofía, las matemáticas y la ciencia griegas.

Las más tempranas creaciones literarias griegas están materializadas en los poemas homéricos, que entre una gran variedad de temas nos describen los conocimientos geográficos de los griegos primitivos. La forma de la tierra, como fue descrita por Homero (700-610 a. C.), el autor de la *Ilíada* y *La Odisea*, es un plano circular rodeado por el océano, un río ancho y profundo que es el padre de todas las aguas. Dicha descripción refleja seguramente elementos presentes en los mapas reales de la época. También se refiere Homero al conocimiento primitivo de los cuatro puntos cardinales: norte y sur, según la dirección de los vientos, y este y oeste según la salida y puesta del sol.

En los tiempos de Tales de Mileto (625-547 a. C.) aún predominaban en Grecia las cosmologías míticas sobre el mundo, y todavía no se habían emancipado de la concepción homérica de la tierra como un plano circular; pero Tales buscó una explicación puramente racional del mundo físico, lo que se conoce como el paso del mito al *logos* o razón, por lo que se le considera el primer filósofo de la historia. Fue igualmente uno de los más grandes astrónomos y matemáticos de su época, y el fundador de la Escuela jónica de filosofía, en cuyo sistema las cuestiones sobre la constitución física del mundo ocupaban una posición prominente. Algunos escritores sostienen que Tales viajó a Mesopotamia y

Egipto, donde recopilaría conocimientos en geometría y astronomía para introducirlos a Grecia.

Anaximandro de Mileto (610-547 a. C.), discípulo de Tales, planteaba que la tierra flotaba libremente en medio del universo, desprendida por todos lados de la bóveda celeste. Se le atribuyen dos inventos de gran importancia para el estudio de la geografía: uno es el gnomon, una forma primitiva de reloj solar, consistente en una regla graduada horizontal y un bastón o pilar perpendicular cuya longitud de sombra, que corresponde al progreso del sol, puede medirse en las marcas de la regla. Su otra invención es la elaboración de mapas, y no parece haber duda de que fue la primera persona que intentó representar la superficie completa de la tierra, con todos los mares y ríos, y con los límites de las naciones sobre ella. La primera mención que encontramos con el empleo de tal mapa se encuentra en Heródoto de Halicarnaso, el padre de la historia, cuando relata las circunstancias de la revuelta jónica contra Persia. Esta referencia es importante para constatar que los mapas generales del mundo habitado se hacían frecuentemente en Jonia, que podían grabarse en tabletas portátiles de bronce y que eran más informativos que los simples planos geométricos como la tableta de arcilla babilónica de la misma época. Casi no se tienen detalles del mapa de Anaximandro, pero tradicionalmente se acepta que los mapas antiguos eran circulares, con Grecia en el centro. Heródoto confirma la regularidad de la forma de estos mapas: “la corriente oceánica corre por toda la Tierra y la Tierra misma como un círculo exacto, como si fuera descrita por un par de brújulas, con Europa y Asia del mismo tamaño” (Harley, 1987, p. 135).

Tanto Anaximandro como Hecateo de Mileto (550-476 a. C.) escribieron cada uno una obra titulada *Ges períodos*, o *Viajes alrededor de la Tierra*, en las que se plasma el conocimiento del mundo poseído por los jonios de ese tiempo, y que incluyen un mapa del mundo conocido a su momento. Ellos son las primeras personas en escribir tratados sobre este tema, y por eso merecen ser considerados como fundadores de la geografía, pues fueron los primeros en sistematizarla y superar las dificultades que se presentan en las etapas iniciales de una ciencia. Si los filósofos

jónicos consideraron que la tierra era un disco plano, o si la concibieron de forma esférica o cilíndrica, es un punto de discordia entre los autores clásicos y modernos, debido a que sus escritos originales no han sobrevivido, y a que la evidencia indirecta en su cosmología es contradictoria.

Por el contrario, para los filósofos de la Escuela pitagórica de filosofía se encuentran evidencias más confiables de que sostuvieron la doctrina de la forma esférica de la tierra, siendo atribuida tanto a Pitágoras de Samos (569-475 a. C.), como a Parménides de Elea (530-470 a. C.); y sería propuesta por primera vez como una simple hipótesis, no verificada científicamente pero justificada con argumentos filosóficos. También se le atribuye a Parménides la clásica división del planeta en cinco zonas climáticas, de acuerdo con la latitud. Otro pitagórico de gran importancia fue Filolao de Tarento (470-380 a. C.), quien concibe un universo dinámico en el cual giran planetas y astros en órbitas circulares, incluyendo la tierra, por lo que esta aparece dotada de movimiento, muy a diferencia del modelo jónico; igualmente, propone un movimiento diurno de la tierra que asume se debe a la rotación en torno a su centro, y que daría origen a la ocurrencia de los días y las noches. Se le atribuye haber originado la hipótesis de que la tierra no era el centro del universo.

No fue sino hasta el siglo V a. C. cuando la visión tradicional de disco plano del mundo fue sistemáticamente desafiada por Heródoto de Halicarnaso (484-425 a. C.), quien se negó, en nombre de la prudencia científica, a hacer un mapa general del mundo habitado, o *ecúmene*, cuando los contornos eran tan inciertos. Atacó a los cartógrafos teóricos que basaron sus ideas solo en la geometría, y parece haber insistido en la necesidad de una cartografía empírica fundamentada en la exploración y los viajes. Pero Heródoto incursiona en la geografía de manera ambigua: dado que fue adherente de la Escuela pitagórica, no es sorprendente que esté en desacuerdo con algunos puntos de vista de la Escuela jónica, tanto que el historiador se burla de la noción de Hecateo de una tierra plana circular rodeada por el océano; pero, por otra parte, no es seguro que haya adoptado el principio pitagórico de la esfericidad de la tierra, a pesar de la fuerza de persuasión de esa doctrina cuando fue propagada.

Heródoto plasmó sus conocimientos sobre geografía en un mapa de todo el mundo conocido en su momento.

El astrónomo Eudoxo de Cnido (400-350 a. C.) inició un gran progreso en la cartografía del cielo y de la tierra. Su gran fama en astronomía matemática se debe a la invención de la *esfera celeste*, dividida en grados de latitud y longitud, en la que se representan las estrellas y los planetas, y a sus valiosas aportaciones para comprender el movimiento de los planetas, que explicó con su sistema cosmológico geocéntrico, en el que exponía, con argumentos geométricos y matemáticos, que la tierra era el centro del universo y el resto de cuerpos celestes giraban en torno a ella; modelo que daría a los griegos su gusto por una concepción mecánica del universo y en el que se basaría Aristóteles para desarrollar su propia visión cosmológica. Eudoxo escribió otro *Períodos ges*, en el que detallaba la geografía, la topografía y las costumbres de las sociedades del mundo griego.

Alejandro Magno (356-323 a. C.), un rey del estado griego de Macedonia, es ampliamente conocido por haber formado el Imperio alejandrino, que extendería el dominio griego por el este hasta territorios de la India, y hasta Egipto por el oeste, donde fundó la ciudad de Alejandría, justamente donde el río Nilo embiste al mar Mediterráneo. Tras su tempranísima muerte, a sus 33 años, en Babilonia, se inicia el período de la historia griega conocido como alejandrino o helenístico, que abarca hasta el año 30 a. C. Un gran factor subyacente al realismo creciente en el conocimiento del mundo habitado del período helenístico fueron las conquistas territoriales de Alejandro, que resultaron especialmente cruciales para proporcionar a los griegos una comprensión mucho más detallada del este de lo que anteriormente había sido posible. Los geógrafos posteriores utilizaron extensamente los relatos de expediciones de Alejandro para hacer mapas de Asia y para delinear el contorno del mundo habitado.

La culminación del período griego clásico coincide con el gran filósofo Aristóteles (384-322 a. C.), también de Macedonia, maestro de Alejandro Magno y fundador de la Escuela peripatética de filosofía. Aunque a Aristóteles rara vez se lo considera como un geógrafo o un

pensador cartográfico, tenía ideas muy definidas sobre la forma de la tierra y el contorno de la ecúmene. Las evidencias que fueron aducidas para probar la esfericidad de la tierra variaron en diferentes períodos, pero la doctrina por sí misma fue aceptada sin preguntas desde los tiempos de Aristóteles, así como también la posición central de la tierra en el universo, o Teoría geocéntrica. Es el primer escritor en cuyas obras se encuentran planteamientos claros y definitivos sobre la redondez de la tierra. De sus múltiples argumentos mencionaremos aquí solo dos: la tendencia de todas las cosas hacia el centro, hoy conocida como Ley de gravitación, por la cual, cuando el planeta estaba en proceso de formación y los elementos componentes se reunían igualmente desde todas direcciones, la masa así formada por acreción estaba constituida de modo que toda circunferencia debía estar equidistante de su centro. También lo infiere de lo que se ve en los eclipses lunares, porque cuando la tierra está interpuesta entre el sol y la luna, la forma siempre circular de la parte oscurecida de esta última muestra que el cuerpo que causa el oscurecimiento es esférico; pues si fuera un disco plano habría momentos en los que la sombra sería un círculo muy deformado o, en caso extremo, una línea recta. Aristóteles describió el sistema de cinco zonas climáticas en la tierra que había sido introducido anteriormente por Parménides.

Piteas (350-300 a. C.), un navegante y astrónomo de la colonia griega de Masalia, actual Marsella en Francia, realizó una exploración de las costas oceánicas de Europa Occidental y, por lo que se sabe, fue el primer griego en llegar a Gran Bretaña y las cercanías del Polo Norte, y en observar la aurora boreal y el sol de medianoche. Su ruta lo llevó a través de una amplia gama latitudinal, y observando cómo los fenómenos celestes y la duración del día variaban conforme se dirigía hacia el norte, Piteas parece haber sido el primer autor en relacionar sistemáticamente la latitud de un lugar con la duración de su día más largo y con la altura del sol en los días de solsticio. Partiendo de tales observaciones también fue el primero en introducir en la cartografía terrestre los paralelos de latitud, concebidos por Eudoxo en su cartografía celeste, para indicar todos los lugares donde se podían observar fenómenos astronómicos idénticos. La

geometría de la esfera también había enseñado a Piteas que existía en la tierra un paralelo de latitud, el círculo polar ártico, donde, en el solsticio de verano, el día duraría veinticuatro horas y el sol no desaparecería bajo el horizonte. El resultado fue que sus observaciones sirvieron no solo para ampliar el conocimiento geográfico de los lugares que había visitado, sino también para sentar las bases del uso científico de paralelos de latitud en la compilación de mapas.

Dicearco de Mesina (355-285 a. C.), un alumno de Aristóteles, en su obra *Períodos ges*, o *Circuito de la Tierra*, incluyó un mapa y una descripción del mundo habitado en su momento; el gran avance conceptual hecho por Dicearco fue la inserción en un mapa, posiblemente por primera vez, de dos líneas centrales, o básicas, que representan un paralelo y un meridiano, para dividir el mundo conocido en cuatro regiones o hemisferios, lo cual representó un intento de dar a su mapa un sistema de coordenadas geográficas este-oeste y norte-sur.

El conocimiento geométrico griego en su conjunto nos lo presenta Euclides (325-265 a. C.), el padre de la geometría, en su obra *Los elementos*, donde recopila, ordena y sistematiza todos los desarrollos geométricos hasta su época, siendo esta una de las producciones científicas más conocidas del mundo. En ella se presenta, de manera formal y axiomática, el estudio de las propiedades de las formas regulares: líneas y planos, triángulos, círculos y esferas, etc. Esta última es definida por Euclides como la figura generada por la rotación de un semicírculo alrededor de su diámetro; igualmente, presenta metodologías para el cálculo de sus dimensiones. Para el tema que nos ocupa se tiene que el estudio geométrico de la esfera, expresado en teoremas y modelos físicos, aporta importantes aplicaciones prácticas, y sus principios soportan el desarrollo tanto de la geografía matemática como de la cartografía científica aplicadas a los fenómenos celestes y terrestres. Otro texto de Euclides, *Los fenómenos*, si bien versa sobre astronomía, contiene proposiciones sobre la geometría esférica, y en él la tierra es tratada como una esfera.

La idea de medir el tamaño o circunferencia de nuestro planeta parece haber sido considerada por los filósofos griegos en un tiempo re-

lativamente temprano. Así, en la comedia *Las nubes* de Aristófanes (444-385 a. C.), un discípulo de Sócrates afirma que el objeto de la geometría era la medida de la tierra entera, lo que implica que la solución de tal problema fue contemplada por los geógrafos de la época. Eratóstenes sería quien más éxito tuvo en dicho propósito.

El primer gran geógrafo alejandrino fue Eratóstenes de Cirene (276-194 a. C.), matemático, poeta, filósofo, e historiador. Entre 230 y 195 a. C. fue director de la Biblioteca de Alejandría, la más alta institución académica de la época. Allí Eratóstenes recogió el conocimiento geográfico disponible y realizó numerosos cálculos de distancias entre lugares significativos en la tierra; organizó los datos de los registros del oriente proporcionados por las expediciones de Alejandro Magno y del Mediterráneo, elaborados por el navegante Piteas; con dicha información construyó el primer mapa del mundo conocido hasta el momento y fundamentado en hechos científicamente comprobados: cartografía empírica como la proponía Heródoto. Finalmente, Eratóstenes se comprometió a medir la tierra, siendo este cálculo el que lo llevaría a la inmortalidad. Tanto en el sentido teórico como en el práctico, la cartografía helenística alcanzó su apogeo en el trabajo del polígrafo Eratóstenes, a quien se le ha asignado un papel fundador en geografía, cartografía y geodesia.

El método de Eratóstenes para medir el tamaño de la tierra implica el entendimiento de la teoría geocéntrica del universo y de la geometría esférica, el conocimiento de la distancia entre dos sitios ubicados en el mismo meridiano, el uso del gnomon para medir el ángulo de incidencia de los rayos solares, el conocimiento de la proporcionalidad entre arcos de circunferencia y el cálculo con ángulos adyacentes entre líneas paralelas. Los dos puntos seleccionados por Eratóstenes para realizar sus mediciones fueron las antiguas ciudades egipcias de Siena y Alejandría. Expresado en términos modernos, el valor obtenido por Eratóstenes equivale a 44.750 kilómetros, o sea un doce por ciento en exceso con respecto al valor aceptado actualmente para el tamaño de la tierra: 40.000 kilómetros de circunferencia.

Otros aportes importantes de Eratóstenes conciernen a la medición del tamaño y la ubicación de la ecúmene en el globo terráqueo y,

siguiendo el ejemplo de Dicearco, la determinación de las posiciones del paralelo principal de latitud y del meridiano principal de longitud en ángulo recto. El establecimiento de estas dos líneas proporcionó la base teórica para una cuadrícula de líneas de paralelos y meridianos respectivamente, siendo los sitios o lugares fijados por su longitud y latitud, como si fueran coordenadas en un gráfico. Con todo lo anterior Eratóstenes confeccionó un mapa de la ecúmene, por tanto, muy superior a todo lo que le había precedido. Finalmente, Eratóstenes compuso dos obras sobre temas geográficos: en *Medición de la tierra* explicó la metodología utilizada para encontrar la circunferencia del planeta; en *Geografía* presenta las instrucciones para hacer un mapa completo de la tierra habitada. En la historia del conocimiento geográfico el paso más significativo consistía en medir y ubicar la ecúmene exactamente en el globo terrestre; Eratóstenes fue aparentemente el primero en lograr esto, y su mapa fue el primer intento científico para dar a las diferentes partes del mundo, representadas en una superficie plana, aproximadamente sus verdaderas proporciones. En la figura anexa se muestra una reproducción del mapa de Eratóstenes de una edición de 1901. Nótese los paralelos y meridianos rectilíneos.

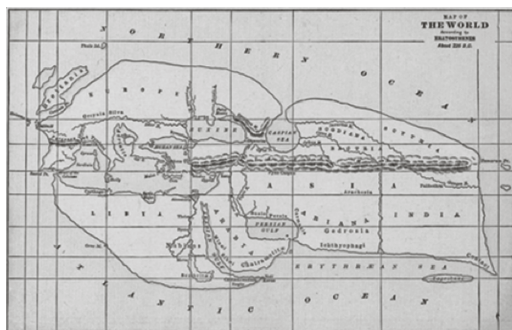


Figura 10.1 Mapa del mundo según Eratóstenes

Fuente: *David Rumsey Map Collection* (2018)

Hiparco de Nicea (190-120 a. C.) fue un astrónomo, geógrafo y matemático griego, es el inventor de la trigonometría, cuyo objeto consiste en relacionar las medidas angulares, circulares o esféricas con las lineales, o rectilíneas. Hiparco sometió la *Geográfica* de Eratóstenes a juicios más bien estrictos. En *Contra Eratóstenes* criticó el mapa de aquel como dibujado sin suficiente conocimiento de la posición precisa de los diversos países. En particular, hizo hincapié en que la ubicación exacta de cualquier lugar en la tierra se fundamentara en observaciones astronómicas; criticó la red irregular de aquel geógrafo y propuso un sistema paralelo-meridiano, o latitud-longitud, de intervalos pares y desde el punto de vista de la cartografía científica. Por latitud describió los fenómenos celestes para cada grado individual de los noventa grados que corrían desde el Ecuador hasta el Polo Norte, dando para cada uno la duración del día más largo y la posición de las estrellas visibles; para la longitud utilizó el valor observado en los eclipses lunares y solares.

Posidonio (135-51 a. C.) fue un filósofo, astrónomo, geógrafo e historiador griego; en su momento fue comparado como un polímata similar a Aristóteles y Eratóstenes; realizó mediciones del tamaño relativo del sol y de la luna, y de sus distancias respecto a la tierra. También quiso medir el globo terráqueo pero, a diferencia de Eratóstenes, que se basó en mediciones solares, Posidonio se fundamentó en observaciones de la altitud de Canopus, la segunda estrella más brillante del firmamento, seleccionando como puntos de medición a las ciudades de Rodas y Alejandría; con lo que obtuvo un resultado de 31.950 kilómetros para la circunferencia de la tierra, una cifra un veinte por ciento más pequeña de la real. En este punto es bueno recordar que los geógrafos de aquellos tiempos emplearon para sus mediciones el estadio, una antigua unidad de medida de longitud griega para la que diversos historiadores de la ciencia han encontrado diferentes equivalentes modernos. Para los propósitos ilustrativos del presente ensayo se tomará el estadio como equivalente a 177,5 metros.

Para el siglo II a. C. las condiciones de la expansión romana favorecieron positivamente el crecimiento y las aplicaciones de la cartografía

en los ámbitos tanto teórico como práctico: el mundo conocido se había extendido lo suficiente mediante las conquistas romanas como para que las teorías tuvieran que adaptarse al nuevo conocimiento empírico. Tras la batalla de Corinto, en 146 a. C., Roma había conquistado ya toda Grecia, y desde ese momento en el mundo grecorromano los mapas mundiales y los globos trazados por los eruditos griegos estaban fomentando una forma de pensar geográficamente distinta sobre el mundo.

La influencia continua de la cartografía griega, dentro del marco de la sociedad romana, se determina por las referencias al célebre globo terráqueo de Crates de Malos (180-150 a. C.), un cartógrafo, gramático y filósofo griego. Al margen de su actividad como filósofo, su mayor aportación fue la de construir el primer orbe terráqueo esférico, de unos tres metros de diámetro, añadiendo nuevos continentes al mundo conocido, que él consideraba como demasiado pequeño respecto al tamaño de la tierra determinado por los cálculos de Eratóstenes. El pensamiento científico detrás de la geografía, en el globo de Crates, se derivó directamente de la simetría en la geometría esférica euclidiana y de la enseñanza de Eratóstenes sobre el tamaño relativo de la ecúmene. Al combinar los enfoques geométrico y geográfico de sus predecesores con su propia interpretación de Homero, representó cuatro mundos habitados en la superficie de su globo terrestre y sugirió que las tres partes desconocidas podrían ser similares a la conocida. El globo de Crates fue así producto de la cartografía matemática netamente teórica, y era más literario e histórico que puramente científico, por lo que comunicaba una imagen del mundo que estaba muy lejos de la realidad. Pero su influencia en la historia del pensamiento cartográfico ha sido considerable, fue ampliamente admirado, y la probabilidad de los cuatro mundos habitados fue generalmente admitida.

Afortunadamente, la *Geografía* de Estrabón de Amasia (64 a. C.-24 d. C.), un historiador y geógrafo griego, ha llegado hasta el presente prácticamente intacta. En ella se resume la continua contribución de la herencia intelectual griega al desarrollo de la cartografía en el mundo grecorromano de su época. El motivo para escribir tal *Geografía* fue

que el mapa del mundo tenía que ser ajustado para tomar en cuenta las numerosas campañas expansionistas romanas. El diseño de su mapa fue influenciado no solo por la medida de la tierra de Eratóstenes, sino también por el concepto de los cuatro mundos habitados, conocidos y desconocidos, expuestos por Crates, a quien él se refiere explícitamente. Para evitar los problemas de deformación en mapas planos Estrabón declaró que prefería construir su mapa en un globo suficientemente grande, de unos tres metros, para poder mostrar todos los detalles requeridos.

A diferencia de los filósofos griegos, los emperadores romanos del siglo I d. C. fueron eminentemente prácticos y se preocuparon más por las aplicaciones directas de la cartografía que por sus complejidades teóricas; fueron indiferentes a la geografía matemática, con su complicado sistema de latitudes y longitudes, sus medidas astronómicas y su problema de proyecciones. Lo que querían era un mapa práctico para ser utilizado con fines militares y administrativos, para aplicaciones de ingeniería, y como propaganda para legitimar la expansión territorial romana. Haciendo caso omiso de las elaboradas proyecciones de los griegos volvieron al viejo mapa en forma de disco de los geógrafos jónicos, como mejor adaptado a sus propósitos. Dentro de este marco redondo los cartógrafos romanos colocaron el *Orbis Terrarum*, el circuito del mundo.

Eudoxo formuló el marco astronómico, Aristóteles el filosófico, Euclides el geométrico y finalmente Hiparco estableció el marco trigonométrico, con los que, en su conjunto, quedarían definidos los fundamentos teóricos para la concepción y representación de la tierra como una esfera dentro de un sistema universal, y preparado el terreno para el trabajo de Ptolomeo.

La culminación de la cosmovisión griega se asocia con el nombre de Claudio Ptolomeo (100-170 d. C.), quien trabajó en el marco del Imperio romano hacia 150 d. C. Su obra tuvo una mayor influencia en la cosmología que la de cualquier otra figura de la historia, presentándose como un coloso en el conocimiento astronómico y geográfico de la sociedad grecorromana, del posterior mundo bizantino medieval y del Renacimiento: con sus obras *Sintaxis matemática*, un tratado sobre

matemáticas y astronomía, también llamado *Almagesto*, y la *Geografía*, puede decirse que Ptolomeo tiende a dominar tanto la astronomía como la geografía y sus manifestaciones cartográficas durante más de catorce siglos. En *Almagesto* Ptolomeo enseñó cómo dibujar el universo en un globo celeste; en la *Geografía* abordó un problema estándar de la geografía matemática: determinar el tamaño y la posición de la tierra habitada en el globo terrestre, y cómo representar dicha ecúmene en un modelo de tres dimensiones, o sobre una superficie plana recurriendo a una determinada proyección. El principal legado de Ptolomeo fue en sí el método cartográfico mismo, y tanto el *Almagesto* como la *Geografía* pueden ser considerados como los trabajos más influyentes en la historia de las Ciencias de la Tierra. En la *Geografía* Ptolomeo explica su alcance definiéndola como “una representación gráfica de toda la parte conocida del mundo, junto con las cosas que ocurren en ella” (Harley, 1987, p. 183). El texto fue acompañado, en la mayoría de los manuscritos, por un mapa del mundo y veintiséis mapas detallados, que constituyen el primer atlas general del mundo y diccionario geográfico.

En la cartografía, el gran avance que hizo Ptolomeo sobre la obra de sus predecesores consistió en su sistema de proyección, que en muchos aspectos se aproxima a lo que es de uso general en la actualidad. El capítulo 24 del Libro I de la *Geografía* es la obra más antigua que se dedica por el título y el contenido a la representación de una esfera, un cuerpo de tres dimensiones, en un plano o esquema de dos dimensiones: un mapa; resolviendo muy satisfactoriamente el problema de la proyección geográfica. Los geógrafos anteriores habían trazado los paralelos y meridianos en líneas rectas paralelas, lo que para mapas individuales de países conducía a errores de pequeña importancia; pero para mapas de todo el mundo Ptolomeo reconoció que el error sería demasiado grande y que debería considerarse el carácter esférico del planeta y la inclinación de los meridianos entre sí, por lo cual terminó dibujándolos todos en forma curva, que es lo más cercano a la realidad. En la figura se muestra una reproducción del mapa de Ptolomeo de una edición de 1618. Nótese los meridianos y paralelos curvilíneos.



Figura 10.2 Mapa del mundo según Claudio Ptolomeo

Fuente: *David Rumsey Map Collection* (2018)

Con respecto a la medida del tamaño de la tierra Ptolomeo comete errores, ya que utiliza unas dimensiones del globo terrestre inferiores a las reales, pues se basa en la estimación errónea de Posidonio, lo que conduce a discrepancias en los cálculos de distancias entre ciudades y a distorsiones en la determinación del tamaño y la ubicación del mundo habitado. Durante la Edad Media los estudiosos se dividieron en dos posiciones, en lo que respecta al tamaño del planeta, en función de si adoptaban la medida de Eratóstenes o la de Posidonio. Pero fue tanta la autoridad de Ptolomeo que la medición más errónea de Posidonio fue transferida hasta los geógrafos, cosmógrafos y cartógrafos del siglo XVI. De hecho, se piensa que Cristóbal Colón terminó descubriendo América debido a que subestimó el tamaño de la tierra, producto de que en el mapa de Ptolomeo, que hoy se sabe que fue estudiado por el Almirante, las Indias orientales se encontraban notablemente más cercanas al navegar en esa dirección; el hecho de que llamemos a los nativos americanos con el apelativo de *indios* puede remontarse a la medida de Posidonio.

Los siglos IV y V d. C. marcan un pronunciado giro en la historia del conocimiento. En el año 306 d. C. Constantino I, El Grande, llega a ser el nuevo emperador romano, y es el primero en convertirse al cristia-

nismo y en legitimar dicho culto religioso mediante el Edicto de Milán, de 313, conocido también como *La tolerancia del cristianismo*, adoptándolo casi como sustituto del paganismo oficial romano. Hacia el año 330 refunda la ciudad griega de Bizancio, dándole el nombre de Nueva Roma y la categoría de residencia imperial; siendo también conocida como Constantinopla. A partir de 1930 es la actual Estambul en Turquía. En el año 395, y con propósitos administrativos, el colosal Imperio romano es dividido en dos: el occidental, con sede en la milenaria Roma, y el oriental, centralizado en la renovada Bizancio. Debido a una fuerte crisis político-administrativa de múltiples causas el Imperio romano de occidente finalmente colapsa hacia el 476 d. C., con lo que Constantinopla pasa a ser el nuevo polo de desarrollo político, cultural y científico, iniciándose el período histórico conocido como Época Medieval, o Edad Media.

Dentro del conjunto de hechos anteriores, los escritos de Ptolomeo y la tradición cosmológica griega se perdieron, se extraviaron del mundo occidental durante más de mil años, por lo que la cultura latino-germánica de la Edad Media se vio obligada a depender en su conocimiento geográfico de una fuente inferior: la tradición de la cartografía empírica romana. Pero afortunadamente la antigua tradición griega fue preservada en las sociedades bizantina y árabe de Oriente, y más tarde salieron a la luz otra vez en Europa, en el siglo XV.

En el milenio intermedio a los mundos antiguo y moderno, desde el siglo V hasta el siglo XV, período conocido como Época Medieval, y debido al extraordinario auge del cristianismo, se desarrolló en Europa una cosmología ampliamente influenciada por la ideología cristiana, y dentro de esta, un género de mapas basados en la concepción clásica del mundo pero adaptados por dicha teología. El propósito principal de tales mapamundis, como se les llama, era instruir a los fieles o creyentes sobre los acontecimientos significativos de la historia cristiana en lugar de registrar precisamente sus localidades. No tenían mayor fundamentación científica, rara vez poseían una retícula o una escala definida, y con mucha frecuencia eran más de carácter esquemático o artístico.

Pero incluso dentro de la sociedad de los cristianos primitivos la forma de nuestro planeta provocó profundas divisiones y agudos debates. La Escuela teológica de Alejandría se caracteriza por su cercanía al legado filosófico griego, en un buen matrimonio entre razón y fe; a ella pertenecieron Orígenes de Alejandría (185-254) y Cirilo de Jerusalén, como exponentes de la esfericidad terrestre, y Eusebio de Cesarea, quien sostiene la idea de que la tierra se encuentra en el centro del cosmos y que está rodeada por el océano. Muy al contrario, la Escuela teológica de Antioquía toma distancia de la filosofía griega y más bien defiende la interpretación literal de las Sagradas Escrituras, lo que en el campo de la geografía supuso rechazar una de las convicciones más firmemente asentadas, la esfericidad de la tierra. San Juan Crisóstomo, o Juan de Antioquía (347- 407), fue uno de los pensadores cristianos que más rotundamente argumentaron en contra de la forma esférica del mundo. Teófilo de Antioquía sostenía que mientras los cielos tenían forma abovedada la tierra era plana.

En la polémica anterior participó activamente Cosmas Indicopleustes (490 d. C.), marino y comerciante griego de Alejandría, quien se hizo monje del nestorianismo, una variante del cristianismo. Deseando difundir lo que él consideraba como la verdadera enseñanza cristiana, compuso una *Geografía* y una *Astronomía*, ambas perdidas actualmente, y una obra con el muy curioso nombre de *Topografía cristiana*, una mezcla de geografía helenística y bíblica, de la cual se han conservado tres manuscritos. Cosmas atacó agudamente a los paganos o infieles que sostenían que el mundo era esférico y que se burlaban de su cosmología; consideró que la verdadera forma del mundo había sido revelada por Dios en las Sagradas Escrituras, que no era esférica ni cilíndrica, sino la de un cofre. Sostuvo que la tierra era plana y que el cosmos tenía la forma de una enorme caja rectangular abovedada, dividida en dos partes por el firmamento, que sirve como una pantalla que las separa. La parte inferior representa el mundo visible, en el que viven los hombres, y este mundo habitado o terrenal lo presentaba como un rectángulo rodeado por un océano con un marco rectangular; la parte superior representa el mundo invisible, el reino de Dios.

Cosmas actúa en el tiempo en que las creencias cristianas se superponen tenazmente a las grecorromanas o paganas, y cuestionan las declaraciones más firmemente asentadas en lo relativo a la concepción espacial en el mundo antiguo; esto representa un punto de inflexión importante en la historia de la cosmología. El carácter y contenido teológico de *Topografía cristiana* están reflejados en el subtítulo: “Para los que quieren ser cristianos, y frente a los que desde fuera creen en el cielo esférico y lo glorifican” (Molina, 2010, p. 413) Así, la obra es un indicativo del debate y las tensiones entre las escuelas de Alejandría y de Antioquía, entre los aristotélicos y los antiaristotélicos, y entre quienes querían acoger el pensamiento pagano y quienes definitivamente lo rechazaban. Muchos mapas conocidos del período medieval temprano, como se desprende de la mezcla de ideas griegas, romanas y cristianas en Cosmas, pueden considerarse como una síntesis de las tres tradiciones.

Completamente dominados por el sobrenaturalismo cristiano, gran parte de los geógrafos medievales no hicieron ningún intento serio por mostrar el mundo tal como realmente era. En su forma más extendida los mapas del período se conocen como *Orbis Terrarum*, o mapas T-en-O, y se caracterizan por su alta carga teológica. La O representa el mundo de forma circular, rodeado por el océano; la T indica la forma tripartita de división del territorio: se mostraba generalmente a Asia ocupando la mitad superior de la O, con Europa y África repartidas equitativamente en la mitad inferior. Siguiendo el texto bíblico, Jerusalén fue colocada generalmente en el centro. Nada hubiera podido agradar más a la mente medieval cristiana que la divina armonía mostrada por estos mapas. El primero en realizar dichos mapamundis fue Isidoro de Sevilla (556-636), uno de los primeros enciclopedistas e historiadores de la Edad Media temprana.

El lugar del hombre en los mundos terrestre, celestial y espiritual fue una preocupación central para los filósofos medievales, y cuestiones geográficas como la naturaleza, forma y tamaño del planeta eran de interés perenne para ellos. En Oriente, en tiempos medievales tempranos, la influencia persistente de la cultura griega clásica en la concepción del mundo

se demuestra en parte por la tenacidad de la noción de la esfericidad, a pesar de que algunos hombres del medievo, e incluso del renacimiento temprano, creyeron en una tierra plana. No obstante las dificultades de la interpretación bíblica literal, la mayoría de los padres de la iglesia cristiana primitiva estaban de acuerdo en que la tierra era una esfera.

Pero desde el siglo IX la reactivación consciente de las tradiciones helenísticas y la importancia de la cosmología ptolemaica fueron tomadas más activamente por los eruditos bizantinos y árabes; con lo que se desarrolló una variante en la cosmología medieval en la que la influencia griega eventualmente volvió a predominar. A través del Imperio bizantino las obras de Ptolomeo se habían reintegrado a la corriente principal del pensamiento cosmológico en Europa, lo cual propició otra forma de cosmografía medieval en la que la tierra fue concebida como una esfera. El redescubrimiento de Ptolomeo puede considerarse la contribución fundamental de la erudición bizantina al desarrollo a largo plazo de la cartografía. La mayoría de los mapas modernos se basan no solo en una proyección específica, sino también en un sistema de coordenadas, ambos matemáticamente sustentados; las coordenadas esféricas y rectangulares transmitidas desde el período clásico a través de la astronomía y la matemática medieval se convertirían en la base del renacimiento cartográfico del siglo XV; el triunfo de su elegante lógica se refleja todavía en la estructura de nuestros mapas actuales.

Para 1410 reaparece la hipótesis de Crates sobre cuatro continentes en la tierra. El *Imago Mundi*, o *Imagen del mundo*, es un tratado cosmográfico escrito por el teólogo y geógrafo francés Pierre d'Ailly (1351-1420). La obra contiene un mapa del mundo todavía influido por los mapas *Orbis Terrarum*. Al igual que Crates, D'Ailly planteaba la existencia de cuatro continentes: Europa al norte, África al sur, ambos en el lado oeste del globo; del lado este se tenía a Asia en el norte y, finalmente, en el sur la otra porción desconocida del planeta. *Imago Mundi* sería uno de los libros de referencia de Colón para su empresa de viaje a las Indias orientales, pues se sabe que el Almirante poseía un ejemplar cuando se embarcó en su primer viaje descubridor.

Nunca en la historia la concepción humana de la tierra cambió tanto y tan rápidamente como entre los siglos XV y XVI. Tres importantes acontecimientos contribuyeron a esta revolución cartográfica. El primero de ellos fue el redescubrimiento de la *Geografía* de Ptolomeo y su re inserción en Occidente, lo cual se produjo gracias a su conservación por parte de los eruditos bizantinos y árabes en Constantinopla, de donde fue llevada a Italia y traducida al latín en 1406 por Jacobus Angelus, con lo cual se desarrolló en Europa un nuevo interés por la geografía y la cartografía. Fue en gran medida a través de la *Geografía* de Ptolomeo que la contribución griega a la concepción cartográfica de la tierra se transmitió primero a los geógrafos árabes y bizantinos, y de allí a los talleres cartográficos, las imprentas y las universidades de la Europa renacentista. La principal preocupación de los cartógrafos occidentales, inmediatamente después de la traducción de la *Geografía*, fue la realización de la promesa de una base matemáticamente segura para la representación de la tierra; aunque las distorsiones o imprecisiones de Ptolomeo se reprodujeran en la mayoría de los mapas del siglo XVI.

El segundo suceso que estimuló el progreso de la cartografía fue la invención de la imprenta hacia 1450 por Johannes Gutenberg, un experimentado mecánico, artesano y orfebre alemán, todo un emprendedor, diríamos hoy en día; aunque nada de lo anterior evitó que muriera en el infortunio. Hasta ese momento todos los mapas tenían que ser dibujados cada uno a mano, costosa y laboriosamente, pero con la introducción de la impresión y el grabado miles de copias pudieron obtenerse de una sola placa; el grabado de mapas y la impresión de libros se convirtieron en lucrativos negocios, y el conocimiento geográfico se difundió y popularizó.

En Venecia, la más sofisticada cosmografía italiana del Renacimiento inicial fue el mapamundi de 1459 de Fra Mauro, un monje cartógrafo que reconoció el significado intelectual de la cosmografía ptolemaica. Creó el mapa más detallado y preciso del mundo hasta entonces, del cual se conservan dos copias. Es considerado el mayor monumento de la cartografía medieval, que incluye Asia, África, Europa y los océanos Índico y Atlántico. El mapa de Fra Mauro revela una estrecha asociación

entre el texto escrito y el mapa, y está claramente inspirado por el deseo de presentar un compendio de conocimientos del cosmos, características que lo ubican bien dentro de la tradición del mapamundi.

El interés por los asuntos terrenales y celestiales se intensificó mucho durante el Renacimiento, debido al movimiento humanista y al resurgimiento del interés por los autores clásicos. Las dos grandes obras clásicas de Ptolomeo, su *Almagesto* y su *Geografía*, estuvieron entre las fuentes específicamente involucradas en las concepciones celestiales y terrenales de la época. A pesar de sus errores, limitaciones e incertidumbres, la *Geografía* proporcionó la mayor parte de los datos necesarios para hacer mapamundis esféricos o globos terrestres, que son considerados como representaciones mecánicas que facilitan una comprensión espacial de las cosas, conceptos y eventos en el mundo humano. Martin Behaim (1459-1507), un comerciante, astrónomo, navegante y geógrafo alemán, es célebre por haber construido, en 1492, el año del descubrimiento de América, el globo terráqueo más antiguo que se conserva: El Erdapfel, o Manzana de la Tierra; su cartografía es una mezcla de mapas ptolemaicos y medievales, y las llamadas cartas portolanas: rutas de navegación elaboradas por marineros comerciantes. No hay rastro de América en él, pues Colón no volvió a España con sus noticias hasta marzo de 1493. El globo está artísticamente delineado, tiene 51 centímetros de diámetro y una altura de 133 centímetros; está actualmente expuesto en el Museo Nacional Alemán, de cuyo sitio web se toma la imagen que se muestra.

El tercer acontecimiento, quizás el más trascendente, relativo al renacimiento de la cartografía, fue el período de los grandes descubrimientos, centrado en los logros monumentales de Colón, de Gama, de Cabot, de Magallanes, de Elcano y otros, a finales del siglo XV y principios del XVI. La relación entre la concepción de la tierra y los viajes de descubrimiento debe examinarse desde dos ángulos: ¿tuvo la *Geografía* algún efecto sobre los proyectos de exploración, y de ser así, qué efecto? y ¿cómo se ajustó la concepción ptolemaica del mundo a los resultados de dichas exploraciones?



Figura 10.3 Globo terráqueo de Martin Behaim

Fuente: Museo Nacional Alemán (s. d.)

Repasando la historia de los exploradores se aprecia que Ptolomeo jugó un papel importante en los procesos de descubrimiento de los nuevos territorios; Colón leyó la *Geografía* y estudió sus mapas; él buscó apoyo en las teorías ptolemaicas al mismo tiempo que las criticaba, y era muy consciente de cómo su propio proyecto contradecía la visión ptolemaica del mundo. En 1498, durante su tercer viaje al Nuevo Mundo, el almirante escribe una carta a los reyes españoles en la que expone sus pensamientos:

Yo siempre creí que la Tierra era esférica; las autoridades y las experiencias de Ptolomeo y todos los demás que han escrito sobre este tema daban y mostraban como ejemplo de ello los eclipses de luna y otras demostraciones que hacen de Oriente a Occidente, como el hecho de la elevación del Polo de Septentrión en Austro. Mas ahora he visto tanta deformidad que, puesto a pensar en ello, hallo que el mundo no es redondo en la forma que han descrito,

sino que tiene forma de una pera que fuese muy redonda, salvo allí donde tiene el pezón o punto más alto; o como una pelota redonda que tuviere puesta en ella como una teta de mujer, en cuya parte es más alta la Tierra y más próxima al cielo (“Cartas de Colón”, s. f.).

Así, podemos apreciar cómo la formidable experiencia de Colón en el arte de navegar el globo, aunque parte de la teoría ptolemaica y le reconoce su autoridad, le proporciona sólidos argumentos para empezar a cuestionar secciones de lo expuesto por Ptolomeo. Cristóbal Colón sería, entonces, la primera persona en percatarse de la deformidad o imperfección de la esfera terrestre; él nos demuestra cómo los exploradores del momento consideran inicialmente las enseñanzas ptolemaicas, pero en el curso de sus experiencias y descubrimientos terminan por cuestionarlas y alejarse de ellas.

La lectura de los textos de Ptolomeo, y el estudio de sus mapas, formaron una determinada concepción de la estructura del espacio terrestre. La obra en su conjunto debe ser considerada dentro del contexto más amplio de las tendencias intelectuales del Renacimiento. Desde los primeros años del siglo XVI la cartografía académica, necesariamente ptolemaica, abordaba tres problemas básicos: la localización exacta de las tierras descubiertas dentro del globo terrestre, la determinación de su tamaño y el análisis de los efectos de tales descubrimientos sobre los modos de representación. Los métodos astronómicos y geométricos de Ptolomeo eran apreciados solo en la medida en que garantizaran la verdad y la exactitud de la representación que ofrecían.

Los cartógrafos de aquella época hicieron todo lo posible para reconciliar los nuevos descubrimientos con la tradición ptolemaica. El mapa elaborado en 1500 por Juan de la Cosa (1450-1510), navegante y cartógrafo español, es el más famoso de dicho tiempo y de los más antiguos conservados en el que aparece el Nuevo Mundo. El mapa mide 93 centímetros de alto por 183 centímetros de ancho, y registra las rutas de Colón, el desembarco de Cabral en Brasil y los viajes de Cabot a Canadá y de Vasco da Gama a la India.

Américo Vespucio (1454-1512) fue un cosmógrafo y navegante italiano que participaría desde 1497, unos cinco años después del primer viaje de Colón, en algunos viajes exploratorios de las tierras recién descubiertas; se atribuyen a Vespucio varias cartas tanto manuscritas como impresas, pero muy especialmente la obra *Mundus Novus* de 1505, de amplia circulación en Europa; viajes y escritos ciertamente muy cuestionados por algunos historiadores. En *Mundus Novus* Vespucio identifica los nuevos territorios no como islas, al estilo de Colón, sino como tierra firme de características continentales tanto por su tamaño como por su abundante población; argumentando entonces que sería propio denominarlos Nuevo Mundo. Tantas ediciones de sus escritos le sirven de publicidad y le dan fama universal, asignándole un papel protagonista en dichos descubrimientos; fama y publicidad de la que no gozó Colón en su momento, por apresurarse no a escribir y publicar, sino más bien a asegurar las nuevas tierras, sus títulos nobiliarios, de almirante y virrey, y los beneficios económicos frutos de dicha empresa descubridora.

Tan famoso fue Américo Vespucio que Martin Waldseemüller (1470-1520), un humanista, geógrafo y cartógrafo alemán, inscribió en 1507 el sonoro nombre de América en un mapa mural de grandes dimensiones titulado *Universalis Cosmographia* que incluía un pequeño tratado llamado *Cosmographiae Introductio*; allí aparece aplicado a Sudamérica, la primera de las tres Américas en ser llamada así en honor a su supuesto descubridor. En la parte superior izquierda del mapa, junto a un globo terráqueo en que se representa el Viejo Mundo, aparece una imagen de Ptolomeo; a la derecha, junto a una representación del Nuevo Mundo, la de Vespucio. Excluyendo las nuevas tierras, el mapa se basa principalmente en Ptolomeo; es un gran trabajo en el estilo del renacimiento alemán, muy rico en detalle y con medidas de 128 por 233 centímetros. En la imagen se muestra el mapamundi de Waldseemüller, la cual es tomada del sitio web de la Librería del Congreso de los Estados Unidos.



Figura 10.4 Mapamundi de Martin Waldseemüller

Fuente: "Universalis cosmographia secundum Ptholomaei traditionem et Americi Vespucii alioru[m]que lustrationes" (1507)

El 8 de septiembre de 1522 un destartado barco llegó a los muelles de Sevilla, España, con dieciocho hombres moribundos a bordo, y fue muy grande el asombro de los sevillanos al saber que aquellos eran los únicos sobrevivientes de la orgullosa flota que tres años antes había zarpado al mando del almirante Fernando de Magallanes (1480-1521) con cinco naves y 234 hombres, cuyo propósito era navegar desde el océano Atlántico hasta el Pacífico y circunnavegar por vez primera el mundo. A pesar de las pérdidas humanas, incluyendo la de Magallanes, la hazaña y sus principales objetivos se habían logrado; se demostraba experimentalmente por primera vez la redondez de la tierra, dado que partiendo de un punto y navegando en la misma dirección retornaron al lugar de salida. Durante el viaje se tomaron datos relativos al tamaño y la posición de los continentes, se reconoció la vasta inmensidad del océano Pacífico y América fue puesta en su lugar apropiado en el globo; con todo esto, los valores numéricos del sistema ptolemaico de cartografía fueron seriamente cuestionados.

Durante el Renacimiento temprano el tamaño de la tierra fue subestimado, pero después de que el viaje de Magallanes divulgara la inmen-

sidad del océano Pacífico, las medidas para el tamaño del planeta fueron gradualmente corregidas. Hacia 1600 el mapa del mundo había duplicado, literalmente, su tamaño, en poco más de un siglo, y lo que solía ser representado en un hemisferio ahora requería dos, como lo demuestra el mapa de Giuseppe Rosaccio de 1610, que refleja los descubrimientos geográficos de los siglos XV y XVI.

Son notables las contribuciones de las exploraciones a la transformación de la imagen del mundo de los europeos en el período moderno temprano. En muchos aspectos, los exploradores mejoraron el conocimiento geográfico y es evidente cómo los contornos del mundo y las posiciones y dimensiones relativas de sus partes comenzaron, por el trabajo conjunto de exploradores y cartógrafos, a acercarse a la imagen que las mediciones posteriores y la moderna fotografía satelital han confirmado.

Hasta los primeros años del siglo XVI la mayoría de intelectuales, y casi todo el mundo, daban por sentado que nuestro planeta era el centro del universo. Pero en la primera mitad de este siglo el astrónomo Nicolás Copérnico reintrodujo en Europa la teoría de un universo heliocéntrico, la cual quedaría suficientemente demostrada con los trabajos teóricos y experimentales del siglo XVII, realizados por los astrónomos Tycho Brahe, Johannes Kepler y Galileo Galilei. Finalmente, en 1685, el físico inglés Isaac Newton (1642-1727), en su obra *Principios matemáticos de la filosofía natural*, sienta las bases teóricas, físicas y matemáticas para la sustentación de la moderna teoría heliocéntrica, en la cual la tierra es solamente uno más de los planetas que giran en torno al sol. Con todo lo anterior, la cosmovisión geocéntrica de Eudoxo, Aristóteles y Ptolomeo, que estuvo vigente por casi dos mil años, queda absolutamente desacreditada. Si la *Sintaxis matemática* y la *Geografía* de Ptolomeo abrieron la historia de la cosmología del Renacimiento, los *Principios matemáticos* de Newton señalan su cierre.

El siglo XVII fue bastante efervescente: los imperios europeos desarrollaron una movilización militar, civil y económica sin precedentes; hombres y mujeres circulaban por millares entre las diferentes partes del mundo; durante la primera mitad del siglo unos doscientos cincuen-

ta mil civiles europeos y alrededor de trescientos mil esclavos africanos atravesaron el Atlántico entre Europa y las Américas, todo ello en el marco de unos siete conflictos bélicos internacionales. La navegación precisa en mar abierto se estaba convirtiendo en un problema serio, y su solución dependía de la determinación exacta del tamaño y la forma de la tierra y del desarrollo de un método práctico para determinar las coordenadas de un lugar. Estos fueron algunos de los objetivos de la Real Academia Francesa de Ciencias fundada en 1666.

Por encargo de dicha academia, el astrónomo francés, Jean Richer, viajó en 1671 a Cayena, en la Guayana Francesa, en Suramérica, para realizar observaciones sobre el planeta Marte. Pero estando allí descubriría que el período de oscilación de un reloj de péndulo de un metro de largo era mayor que en París, dado que el reloj se atrasaba cerca de dos minutos y medio por día. Este hecho le permitiría plantear varias hipótesis: que allí la fuerza de gravedad era menor, que Cayena se encontraba más lejos del centro de la tierra, por lo que esta no sería una esfera perfecta sino estirada en el ecuador y encogida o achatada en los polos, y finalmente, que en consecuencia todo el conocimiento geográfico estaría fundamentado en un falso concepto.

Newton, en sus *Principios matemáticos*, expone su teoría gravitatoria y argumenta que la tierra, como resultado de dos fuerzas, la de gravedad y la fuerza centrífuga de rotación, debería tener la forma de un elipsoide: una esfera achatada o aplastada en los polos y ensanchada en el ecuador. Richer se convierte, entonces, en la primera persona en percatarse, con antelación al pronunciamiento de Newton, de que la fuerza gravitacional no era la misma en todos los puntos de la tierra, por lo que esta no sería una esfera perfecta y, por consiguiente, su observación se constituye en la primera verificación experimental de la teoría newtoniana sobre la correlación entre la fuerza de gravedad y la forma del planeta.

Pero no todos los científicos pensaban como Newton: el matemático y astrónomo italiano, nacionalizado francés, Jean Dominique Cassini, llega a ser en 1671 director del Observatorio de París, adscrito a la Academia Francesa de Ciencias. Tanto Jean Richer como Dominique

Cassini trabajaban en el mismo proyecto en el Observatorio de París; mientras Richer hacía mediciones sobre el planeta Marte en Cayena Cassini las realizaba en París. Con los resultados de tales mediciones se calculó la distancia en kilómetros a Marte y se sentaron las bases para la determinación del tamaño del sistema solar. Pero Cassini no comparte las tesis de su compañero Richer, en referencia a las variaciones de la fuerza de gravedad y a la forma de la tierra. Para 1700 tanto la Teoría heliocéntrica de Copérnico como la Teoría gravitatoria de Newton son muy nuevas, están, por así decirlo, en su infancia; aún son debatidas y no son compartidas por todos los científicos. Cassini es uno de ellos, y por tal motivo decide realizar una serie de experimentos y mediciones, cuyos resultados son presentados en 1720 por su hijo y colaborador Jacques Cassini en el libro *De la grandeza y la figura de la Tierra*, en el que sostiene la idea de que nuestro planeta es una esfera alargada en los polos y aplanada en el ecuador, todo lo contrario de lo observado por Colón y Richer, y explicado por Newton.

Nuevamente se establece en Europa un fuerte debate en torno a la real forma del planeta: entre los seguidores de la teoría newtoniana de la gravedad, con la tierra aplanada en los polos, y los seguidores de Cassini con su hipótesis de la elongación o estiramiento en los polos. Para resolver el asunto la Academia Francesa organiza dos expediciones a fin de medir un grado de arco del meridiano terrestre: una cerca del Polo Norte, en Laponia, y la otra cerca del ecuador terrestre, en Quito, Ecuador. Estas se realizaron entre 1736 y 1744, y permitieron no solo conocer las reales formas y dimensiones del globo terrestre, sino también la existencia de un ensanchamiento de este en el ecuador, y el consecuente aplanamiento en los polos, determinándose además de una vez por todas que el radio polar es más corto que el radio ecuatorial. Con lo que la forma real de la tierra no corresponde a una esfera perfecta sino a un elipsoide, como lo habían sospechado primero Colón y luego Richer, y como finalmente lo había predicho y argumentado Newton; por algo es conocido como el padre de la física clásica.

Además de las irregularidades causadas por la variación en la densidad y distribución de los materiales de la tierra, esta se deforma por su

propia rotación y por la atracción gravitatoria de los cuerpos del sistema solar. Debido a que gira sobre su propio eje, lo que origina una fuerza centrífuga de la rotación, el planeta está algo abultado en el área ecuatorial y aplanado un poco en las regiones polares. Durante el siglo XVIII la *Geodesia* fue definida como la ciencia y la tecnología de la determinación y la medición de la figura terrestre, y sus fundamentos teóricos fueron perfeccionados por los científicos franceses Jean le Rond d'Alembert y Pierre-Simón Laplace, quienes calcularon el achatamiento terrestre únicamente a través de consideraciones y mediciones astronómicas. Laplace descubriría, a principios del siglo XIX, que la forma física de la tierra es diferente del elipsoide, según lo indicaban las discrepancias entre latitudes determinadas por métodos astronómicos y geodésicos, razón por la cual Johann Benedict Listing introduce en 1873 el concepto de geoide para hacer referencia a la figura física de la tierra. Por geoide se entiende el cuerpo delimitado por una superficie en la que el campo de gravedad terrestre es siempre perpendicular, y que tiene un potencial constante en todas partes, esto es, una superficie equipotencial. En términos muy sencillos, el geoide sería el mismo elipsoide pero dibujado no con línea continua, sino con trazado discontinuo, con irregularidades.

Durante el siglo XX, dentro del marco histórico de la Guerra fría (1945 a 1991) y de la Carrera espacial (1957 a 1975), la geodesia desarrolló nuevos avances científico-tecnológicos derivados del advenimiento de las eras tanto espacial como digital. En 1957 se origina la moderna geodesia espacial, con el lanzamiento del primer satélite artificial de la tierra, el Spuntnik 1 de la antigua Unión Soviética. Las señales de radio emitidas por este satélite permitían determinar la altura de su órbita mediante el uso de estaciones de rastreo ubicadas en tierra, mientras que por el método de triangulación se podían conocer las coordenadas de un receptor ubicado en otra parte del planeta. Lo anterior constituyó la base para desarrollar el moderno Sistema de Posicionamiento Global o GPS. Para febrero de 1958 los norteamericanos lanzan el satélite Vanguard I, cuyos datos pudieron verificar el achatamiento de la tierra en los polos; dando así inicio a la geodesia satelital que proporciona información altamente

confiable. Los siguientes datos para el tamaño de la tierra son tomados del portal web del Servicio Internacional de Rotación de la Tierra, actualizados a 2010: Radio ecuatorial 6.378,14 km, Radio polar 6.356,75 km, diferencia o achatamiento 21,39 km.

En abril de 1961 la Unión Soviética logra colocar la nave Vostok 1 en el espacio exterior, orbitando al planeta a una altura de 315 kilómetros. Su único tripulante, el cosmonauta Yuri Gagarin, sería el primer ser humano en viajar al espacio y orbitar alrededor de la tierra. Pero teniendo en cuenta la altura a la que llegó, también debemos considerarlo el primer hombre en alcanzar esa localización totalmente imaginaria desde la cual la superficie del mundo puede ser fielmente examinada, que se menciona al principio de este ensayo, y en contemplar con sus propios ojos, en tiempo real, el esplendor de la azulosa curvatura terrestre.

También dentro del anterior marco histórico los Estados Unidos lanzan su primera misión tripulada a la luna: el 21 de diciembre de 1968 despegó la misión Apolo 8 con su tripulación de tres astronautas, que serían los primeros hombres en contemplar la circunferencia completa de la tierra desde el espacio exterior y en tiempo real; como diría Anaximandro, flotando libremente en medio del universo, desprendida por todos lados de la bóveda celeste, como lo muestra la fotografía tomada el mismo día a unos 30.000 kilómetros de distancia. La misión ingresa en órbita lunar el 24 de diciembre y realiza la primera fotografía de la tierra vista desde dicha ubicación.

Los fundamentos de nuestra moderna concepción de la tierra fueron establecidos en gran parte por los antiguos griegos, que avanzaron a un nivel que no se alcanzaría nuevamente hasta el siglo XVI. Reconocían la forma esférica de nuestro planeta, con sus polos, el ecuador y los trópicos, comprendieron bien la forma y la posición de la tierra habitada o ecúmene, desarrollaron el actual sistema de coordenadas de latitud y longitud, diseñaron las primeras proyecciones y calcularon el tamaño de la tierra. Lo que sucedió, a través del tiempo, puede entenderse esencialmente como una serie de desarrollos cognitivos que conducen al origen del concepto moderno de mapa, como una forma básica tanto de

representación del mundo físico como de comunicación humana, y que implica evoluciones en los modos de concebir y representar gráficamente el mundo físico a diversas escalas.



Figura 10.5 La tierra fotografiada por los astronautas de la misión Apolo 8. Diciembre 21 de 1968.

Fuente: *NASA* (s. f.).



Figura 10.6 La tierra fotografiada desde la órbita lunar. Misión Apolo 8. Diciembre 24 de 1968.

Fuente: *NASA* (s. f.).

La inmensa mayoría de asuntos o temas, que ahora podemos denominar como elementales, relativos al planeta, han sido ya satisfactoriamente resueltos. Pero diferentes acontecimientos de los inicios de este siglo XXI, muchos de ellos muy relacionados con el cambio climático mundial y sus funestas consecuencias: maremotos, tsunamis, terremotos, huracanes, deslizamientos de tierra, etc., hacen indispensable que los interrogantes sobre nuestro planeta sean planteados desde otras perspectivas. La tierra no es un cuerpo inerte, estático, sino que tiene su propia dinámica; y es por esto que las preguntas más relevantes ahora son: ¿Cómo es dinámicamente nuestro planeta? ¿Cómo se comporta o conduce la tierra? ¿Es manejable la dinámica terrestre?, y dentro de estas, una mucho más pertinente: ¿Cómo influyen las actividades humanas en dicha dinámica? El planteamiento y la resolución de tales interrogantes marcan ya el inicio de una nueva era en el conocimiento y la concepción de la tierra.

Referencias

- Cartas de Colón (s. f.). Recuperado de <http://www.culturandalucia.com/Cartas%20de%20Cristobal%20Col%C3%B3n.htm>
- David Rumsey Map Collection* (s. f.). Recuperado de <https://www.davidrumsey.com/>
- Harley, J. B. & Woodward, D. (1987). *The History of Cartography*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Molina, A. I. (2010). La geografía bizantina: Cosmas Indicopleustes. *Revista Antigüedad y Cristianismo*, (27), 409-422. Recuperado de http://www.um.es/cepoat/antig%C3%BCedadycristianismo/?page_id=1231
- Museo Nacional Alemán (s. f.). Recuperado de <http://www.gnm.de/forschung/forschungsprojekte/digitalisierung-behaim-globus/>
- Nasa (s. f.). Recuperado de <https://earthobservatory.nasa.gov/Search/index.php?q=apollo+8>
- Tozer, H. F. (1897). *A History of Ancient Geography*. Nueva Delhi: ESS.
- Universalis cosmographia secundum Ptholomaei traditionem et Americi Vespucii alioru[m]que lustrationes (1507). Recuperado de <https://www.loc.gov/resource/g3200.ct000725C/>