

Introducción

Desde la más remota antigüedad los hombres han pintado su geografía; sobre un lienzo, un papel o una piel, comenzaron a delinear su mundo conocido. Era un asunto de los que sabían de los arcanos del cielo y de la tierra, y significaba para los gobernantes un control estratégico. Las conquistas territoriales y las incursiones de los viajeros por tierras y mares ignorados, modificarían poco a poco las técnicas, que permitirían la apreciación de las distancias y los límites dibujados.

Para elaborar mapas, los estudiosos han contado siempre con las observaciones astronómicas —a simple vista o con instrumentos—, ya que la posición de las estrellas o la atención a ciertos fenómenos cósmicos, son determinantes para la ubicación sobre un plano, de las ciudades, las distancias entre ellas y los litorales. Los progresos de la astronomía han sido muy significativos para la cartografía, que no es otra cosa que el arte de dibujar mapas. Hasta mediados del siglo XVIII, por ejemplo, los conocimientos astronómicos, no llegaban más allá del sistema solar, que además se conocía hasta Saturno. Hacia final del siglo, se descubre Urano y entre 1800 y 1803 se distinguirán Ceres, Palas y Hércules.

La geografía en este siglo, no es más que la descripción del planeta que habitan “en sus diferentes partes”, que son la Tierra y el agua.¹ La enseñanza de ésta a los jóvenes, preveía primero los conocimientos fundamentales sobre la esfera —sus divisiones astronómicas, el Sol, las estrellas, los eclipses y los meridianos y paralelos—, precedidos de una lección básica de geometría. Inmediatamente después, agregaban los conocimientos de geografía, de acuerdo a su definición: describen la distribución de los continentes y los mares y detallan la forma de gobierno de cada país y sus riquezas naturales y productivas.

* Agradezco al maestro Víctor Castillo F. la lectura que hizo de la primera versión de este texto. Sus observaciones y preguntas me llevaron de nuevo a las fuentes y a la redacción del trabajo que ahora presento.

¹ Juan Cayetano Losada, *Breves tratados de esfera y Geografía Universal*, 3a. edición, Madrid, Imprenta de Collado, 1814, p. 43.

Tres décadas antes de que finalice el siglo XVIII en México —nombrado por entonces Nueva España— el erudito José Antonio Alzate, señala que su país es un hueco enorme en la geografía. Se queja de que no hay un sólo mapa impreso “que sea un poco razonable”, aunque reconoce que los escritos geográficos son de gran calidad, como los que ha hecho Carlos de Sigüenza. Sabe que es necesario hacer muchísimas medidas geométricas y bastantes observaciones astronómicas, ya que hacia 1772 considera que sólo hay tres posiciones cuyo cálculo es fidedigno: la de la parte meridional de la California —observada por Joaquín Velázquez de León—, la de la ciudad de México —observación del mismo Alzate— y la de Veracruz —cálculo debido a Vicente Doz—. ²

Es interesante recuperar aquí lo que Alzate pensaba a propósito de los mapas. Se admira de que en poco papel pueda presentarse a la vista “los dilatados espacios” de la superficie del globo terráqueo. Cree que las cartas son “tan indispensables” en los usos humanos, “que su manejo entra en los negocios de mayor consideración”. ³ En pocas palabras, la cartografía y la geografía resultan sinónimos en la preocupación de ese estudioso al referirse a su vasto país.

Los geógrafos del siglo XIX consideraban que la geografía verdaderamente “moderna”, era la que describía a la superficie de la Tierra tal como estaba en ese momento. Es la ciencia, dicen, que explica la relación de la Tierra con los demás cuerpos celestes. La que habla de la distribución de sus continentes y mares, montañas, ríos y lagos. La que da cuenta de la producción de la tierra y su distribución. La que señala donde están los animales terrestres y los marinos. La que se interesa sobre todo en los hombres y las mujeres que habitan cada región, en su historia, en las sociedades que forman, en la organización política que se dan, en sus modos de producir. ⁴

² José Antonio Alzate, “Estado de la Geografía de la Nueva España y modo de perfeccionarla”, en *Asuntos varios sobre ciencias y artes, Obra periódica dedicada al Rey Nuestro señor (que Dios guarde)*, México, Imprenta de la Biblioteca Mexicana del Lic. Joseph de Jáuregui, en la calle de San Bernardo, lunes 7 de diciembre de 1772, en *Obras de José Antonio Alzate...*, tomo I, *Periódicos*, edición, introducción, notas e índices por Roberto Moreno, México, UNAM, 1980, pp. 105-112.

³ *Ibid.*

⁴ A. Sánchez de Bustamante, *Nuevo curso completo de Geografía Universal, Física, Histórica, Comercial, Industrial y Militar*, según Balbi, Malte-Braun, Chauchard y Muntz, Meissas y Michelot, Cortambert, Letronne, Montenegro y Colón, Codazzi, Verdejo, Alcalá, Etc., Etc., dispuesto con arreglo a las actuales divisiones políticas, a las últimas transacciones y a los descubrimientos más recientes para uso de los nuevos estados americanos, con un resumen preliminar de Geografía Antigua y Sagrada, por A. Sánchez..., tomo primero, París, Librería de Rosa, 1844, p. VII.

El discurso geográfico divide el estudio de esta ciencia en tres grandes ramas, que son las vertientes principales que todo geógrafo tiene para considerar a la Tierra: la Tierra como cuerpo celeste, que forma parte del sistema solar, y que es asunto de la cosmografía; la Tierra como morada de los seres organizados y del hombre, que es el tema de la geografía natural o física; y la Tierra en tanto territorio de las relaciones entre los diferentes pueblos, con sus fronteras y sus Estados quehacer de la geografía política o histórica.

Este discurso también responde a la moda que dicta la “ciencia positiva”, que propone dedicarse a los hechos y desechar toda especulación. Esta definición proviene de un geógrafo que, en 1844, resumió las ideas de los principales científicos de los primeros decenios del siglo XIX, que había heredado el racionalismo del siglo precedente. Lo que éstos intentan es clasificar los objetos, pero “no de una manera pintoresca propia para halagar la imaginación”,⁵ sino con lógica, para que el lector se ilustre y pueda conservar ese conocimiento en la memoria.

El aprendizaje de la geografía está dividido en dos partes: la que llaman fundamental o de principios generales, en la que se inscriben los conocimientos de la Tierra planeta, y de la Tierra habitat de los seres vivos. La otra es la nombrada descriptiva, que estudia a las sociedades humanas. Los principios generales de toda geografía están, según los geógrafos del XIX, en la astronomía, las matemáticas, la física, la historia natural, la antropología, la estadística y la historia antigua. El estudioso mexicano Antonio García Cubas agrega a éstas la geometría, a la que dedica varias páginas en su *Curso elemental de Geografía Universal*, elaborado hacia fines del siglo XIX. Sus lecciones de Cosmografía están precedidas por un epígrafe de Platón que dice: “No entre aquí el que ignore la geometría”.⁶

En esta ocasión quiero referirme a la relación que establece la geografía con la astronomía, no sólo porque es una de las fuentes básicas de la ciencia geográfica, sino porque para la geografía descriptiva es indispensable conocer las posiciones astronómicas que ocupan los territorios que detalla. Pero sobre todo, porque para los dibujantes de mapas, los cartógrafos decimonónicos, que llevan al plano una parte de la tierra con todos sus elementos naturales y humanos, es importante contar con la astronomía para señalar latitudes, longitudes, altitudes, el curso de los ríos, la ubicación puntual de los campos, las minas, los ranchos, las haciendas, los pueblos y las ciudades. La cartografía y la astronomía

⁵ Idea de Balbi citada por Sánchez de Bustamante, *ibid.*

⁶ Antonio García y Cubas, *Curso elemental de Geografía Universal*, octava edición, México: Antea Imprenta de Murguía, 1906, p. 15.

guardan en ese siglo una relación muy estrecha que resulta interesante conocer.

El discurso astronómico de los geógrafos

La base de sus estudios está en Ptolomeo, Copérnico, Galileo y Descartes, lo que les permite definir al universo como el lugar de lo que se ve, de lo que se puede imaginar y de lo que se es capaz de comprender. Es, dicen, una máquina maravillosa, que depende del equilibrio de unos mundos con otros. La ponderación proviene, según ellos, de una fiel balanza que hacen pender del brazo y de la voluntad de Dios que llaman “El Inescrutable”.

En el espacio visible estudian a las estrellas fijas que poseen luz propia como el Sol y a las estrellas errantes como los planetas. El sistema solar, del que forma parte la Tierra, lo reconocen, de acuerdo con las ideas de Copérnico, formado por el Sol, en torno al cual giran los planetas, los satélites y los cometas.

El Sol

Los geógrafos de la primera mitad del siglo ignoran de qué está formado y cómo se mantiene. Miden su distancia a la Tierra en 34 357 480 millones de leguas. Dicen que es más de un millón de veces más grande que la Tierra y su volumen 596 veces mayor que todos los planetas juntos. El Sol gira sobre su propio eje en 25 días y 12 horas, y su atmósfera llega hasta el planeta Mercurio.⁷ Hacia fines de siglo, se sabe que el Sol es un inmenso globo incandescente, recubierto por una masa fluída gaseosa, formada por tres atmósferas: la fotosfera, la cromósfera y la corona. 37 millones de leguas alejan a la Tierra del Sol, el cual, señalan, tiene un volumen 1 300 000 veces más considerable que el de Cibeles.⁸

Con respecto al comportamiento del Sol en el cielo visible en cada región de la Tierra, dan cuenta de que se eleva todos los días por el oriente, sea un poco al norte o un poco al sur. Va subiendo gradualmente por encima del plano del horizonte hasta ciertas alturas, que varían según el día del año. El descenso del Sol es tal como sube y se esconde bajo el horizonte en un punto situado al Occidente. Ese movimiento aparente del Sol se representa imaginariamente como un círculo máxi-

⁷ Sánchez de Bustamante, *op. cit.*, pp. 16 y 17. La legua se mide de distinta manera. La llama da itineraria mide 5572 m. y la de posta 4.4 km.

⁸ Antonio García y Cubas, *op. cit.*, pp. 39-42.

En el cielo boreal, Ptolomeo describió además 21 constelaciones: La Osa Pequeña o El Carro Pequeño o Cynosure o La Cola de Perro, La Osa Grande o el Carro de David, El Dragón, Cefeo, El Bebedor o el Guardián de la Osa, La Corona Boreal, Hércules o el Hombre arrodillado, La Lira o El Buitre que cae, El cisne o el Pájaro o la Cruz, Casiopea o la Silla o el Trono, Perseo, El Cochero o El Carretero o Erichthon, Ophiuchus o El Serpentario o Esculapio, La Serpiente, La Flecha y su Arco o el Dardo, El Águila o El Buitre volante, El Delfín, El Caballo pequeño o el Busto de Caballo, Pegaso o el Caballo alado o la Gran Cruz, Andrómeda o la Mujer encadenada y El Triángulo boreal o el Delta.

Hacia la parte sur de la eclíptica, en ese mismo hemisferio, Ptolomeo da cuenta finalmente de otras 15 constelaciones: La Ballena, Orión, El Río Eridán o el Río de Orión, La Liebre, El Perro Grande, El Perrito o el Perro precursor, El Navío o el Vaso o Argos o el Carro de mar, La Hydra hembra o la Culebra, La Copa o la Urna o el Vaso, El Cuervo, El Altar o el Incensario, El Centauro, El Lobo o la Lanza de Centauro o la Pantera o la Bestia, La Corona austral o el Caducée o Uraniscus y, por último, El Pescado austral.

Tycho Brahe, maestro de Kepler, es de entre los primeros astrónomos modernos quien agrega dos constelaciones a las de Ptolomeo: nombra, a principios del siglo XVII, a una de ellas Cabellera de Berenice, que comprende las estrellas informes que están cerca del hocico de El León. La otra será llamada Antinoo compuesta por las estrellas situadas cerca de El Águila.

Doce nuevas constelaciones se agregan a las australes de Ptolomeo con la conquista del Nuevo Mundo, después de las cartas de Américo Vespucio y los navegantes que son los extranjeros que primero disfrutaban esa bóveda celeste. Lo interesante a investigar es si se trata de figuras vistas sólo en la imaginación de los navegantes europeos, o si los nombres de éstas les fueron transmitidos por los habitantes del "Nuevo Mundo". Las constelaciones son: El Pavo Real, El Tucán o la Oca de América, La Gruya, El Ave Fénix, La Dorada o Xiphias, El Pescador Volador, La Hydra macho o la Serpiente Austral, El Camaleón, La Abeja o la Mosca, El Ave del Paraíso o El Pájaro indígena o el Pájaro sin pie, El Triángulo austral y El Indígena.

Helvetius agrega once nuevos grupos, en 1690, que son: La Jirafa o el Cameleopardo, El Unicornio o el Monocero, El Río Jordán o los Perros de casa o los Lebreles o Asterios y Chara, El Río del Tigre o la Zorra y la Oca, La Lagartija o el Cetro y la Mano de la Justicia, El Sextante de Uranio, El Pequeño León, El Lince, El Escudo o el Escudo de Sobieski, El Pequeño Triángulo y Cerbere y el Ramo.

Un año antes, A. Royer describe a La Paloma de Noé, La Cruz del Sur o el Trono de César, La pequeña Nube, La Gran Nube y la Flor de Liz o la Mosca.

Halley destaca que en la parte sur del navío Argos, hay un grupo de estrellas representado por un árbol que llama La Cadena de Carlos II. Flamsteed encuentra El Monte Menale y el Corazón de Carlos II.

El siglo XVIII nombra a las constelaciones de acuerdo con su nuevo código científico. Así, Lacaille, en 1752, trata de llenar los vacíos en torno a las constelaciones antiguas del hemisferio austral. Crea catorce asterismos que llama: El Taller del Escultor, El Horno Químico, El Reloj de Péndulo a segundos, La Retícula romboide (pequeño instrumento astronómico), El Buril del Grabador, El Caballete del Pintor, La Brújula o el Compas de Mar, La Máquina Neumática, El Octante, El Compás del Geómetra, La Escuadra y la Regla del Arquitecto, El Telescopio, El Microscopio y la Montaña de la Mesa.

Durante los últimos tres decenios del siglo XVIII se descubren las constelaciones de El Reno, El Solitario (pájaro de Indias), El Señor, El Toro Real de Poniatowski, El Harpa de Georges, Los Honores de Federico, El cetro de Brandemburgo, El Telescopio de Herschel, El Aerostato, El Cuarto de Círculo Mural, El Tronco, La Máquina Eléctrica y El Taller del Tipógrafo.

La suma de 109 constelaciones registradas en la vuelta del siglo XVIII al XIX. Aragón reconoce ocho más durante el decimonono que son: La Cabeza de Medusa, Las Pléiades o la Poussiniere, Las Hiadas, El Mazo de Hércules, El Cinturón de Orión o el Rastrillo o Los Tres Reyes o El Bastón de Santiago, La Espada de Orión, El Establo o el Comedor de Praesepea y Las Cabras o Los Machos Cabríos.

El total, llega a 117 el número de constelaciones conocidas hacia fines del XIX. A Humboldt le parece una nomenclatura fastidiosa por el tamaño enorme e incómodo de algunas; porque sus contornos están indeterminados; por la fatigante composición de otras como El Navío de Argos, para la que es necesario agotar alfabetos enteros que den cuenta de todas sus estrellas y, finalmente, le parece que es de "mal gusto" introducir en el cielo estrellado la nomenclatura "fría" de los aparatos científicos al lado de alegorías mitológicas.¹²

Se conocen entonces desde tiempo inmemorial varios catálogos de estrellas o atlas celestes. Éstos contienen los elementos necesarios para formar sobre un globo una representación exacta del cielo estrellado. Las estrellas no sólo aparecen determinadas por la posición que tienen unas con respecto a otras, sino con referencia a los Polos y al Ecuador

de la Tierra. Una estrella podrá ser completamente determinada si se conoce la paralela y el círculo horario sobre los que está situada, es decir, si se traza un sistema de coordenadas celestes. Este sistema es del todo similar al que propone una división astronómica de la Tierra y su relación con el espacio y con el Sol. Sin embargo, antes de hablar de las coordenadas terrestres, es necesario conocer brevemente el discurso diononómico sobre la Tierra que intentan representar.

Los planetas

Durante la primera mitad del siglo XIX, son considerados los planetas como estrellas errantes y opacas de naturaleza desconocida, y dan cuenta de once; Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Vesta, Juno, Ceres, Palas, Júpiter, Saturno y Urano, que giran en órbitas elípticas en torno al Sol. Hacia la segunda mitad de la centuria, suponen que los planetas telescópicos Vesta, Juno, Ceres y Palas, forman un grupo cuyas órbitas determinan una zona de separación entre los planetas interiores: Mercurio, Venus, Tierra y Marte y la región de los exteriores: Júpiter, Saturno y Urano.¹³ Para fines de siglo, agregan a sus conocimientos a Neptuno.

Miden su distancia al Sol, la duración de su rotación y su revolución alrededor del astro. El Sol no está en el centro de esas órbitas sino en uno de sus focos. Venus es el planeta más brillante y cuando sale, ofusca con su resplandor a todas las estrellas. A veces, nace antes que el Sol, otras, aparece después de que el astro se ha puesto.

La Tierra y su satélite la Luna

La Tierra está considerada como un esferoide que revoluciona periódicamente alrededor del Sol en 365 días, 5 horas y 49 minutos, exceso que produce un día cada cuatro años que se intercala en el mes de febrero. La Tierra también se mueve alrededor de su eje en lo que tarda 23 horas y 56 minutos, período dividido en días y noches. La órbita en la Tierra tiene una inclinación de 23 grados con 30 minutos y los puntos en donde el eje corta a la esfera se denominan polos.

La Luna es un cuerpo opaco que se considera satélite de la Tierra. Recibe la luz del Sol y la refleja sobre nuestro Planeta al que alumbra por la noche. Recorre su órbita en 27 días y 8 horas y tarda el mismo tiempo en girar sobre su eje por lo que siempre presenta una misma ca-

¹³ Alexandre de Humboldt, *Cosmos, Essai d'une Description physique du monde*, traduction de M. de H. Fave et de M. Ch. Galuski, 4a. edición, tomo primero, L. Guérin, París, 1866-67, p. 99.



Dibujo de las constelaciones del Hemisferio Boral



Dibujo de las constelaciones del Hemisferio Austral

Estas cartas comprenden los dibujos alegóricos de todas las constelaciones boreales y australes. Los dibujos están hechos de acuerdo con el *Atlas* de Bayer, las cartas de Bode y de Vaugondy. Las posiciones de las estrellas son las que se conocen hacia 1850. Dibujos para *Astronomie Populaire* de Arago, 1871. Iluminó: Carmen Vázquez. Fotos de Carlos Álvarez.

ra aunque en diferentes fases, dependiendo de cómo la ilumina el Sol y de qué situación relativa tiene con respecto a la Tierra.

Los astrónomos utilizan a la Luna para el arreglo de los meses y la consideran la responsable del flujo marítimo. La superficie de ese cuerpo opaco casi cincuenta veces menor que la Tierra, es observada con valles y montañas. En las manchas permanentes distinguen hacia 1843 ocho mares y 32 bosques. Los astrónomos creen probable que la Luna esté habitada.¹⁴

La construcción de nuevos telescopios, junto con la observación de la Luna durante los eclipses y las ocultaciones de estrellas, permite a los astrónomos concluir hacia fines del siglo que en el satélite hay ausencia de nubes y de atmósfera. “Es de todo punto cierto y averiguado —escribe Antonio García Cubas— que en la Luna no existen seres vivientes ni vegetales como los que pueblan la Tierra. Si los hay, caso muy remoto, deben ser de una organización enteramente desconocida”.¹⁵

Los cometas

Hasta 1853 se conocen aproximadamente 500 cometas, de los cuales 100 han podido ser calculado y de éstos, pueden predecir con seguridad la vuelta de tres. Antes de finalizar el siglo conocen una órbita cometa-ria más. Los cometas están considerados como planetas o cuerpos opacos que giran alrededor del Sol en órbitas enormes por lo que sólo pueden verse en la parte más inmediata de la Tierra. Las ráfagas luminosas que se pueden distinguir en los cometas se creen causadas por los rayos del Sol. Es posiblemente durante el día, dicen, que la electricidad tenga que ver con la formación de sus colas de luz.¹⁶ Casi todos los cometas son telescópicos, pero lo que se dejan ver a simple vista en pleno día son sorprendentes, como la cauda del cometa de 1811, que “excedía en extensión a la distancia que hay entre la Tierra y el Sol y la del cometa de 1843 que era doblemente mayor”.¹⁷ Para 1864 se conocen 233 cometas cuyo registro se tiene desde el año 136 antes de nuestra era.¹⁸

Las divisiones astronómicas de la tierra

La división astronómica de la Tierra es con respecto a ella misma, esto es, dividen la esfera en varias partes. Trazan primero una línea

¹⁴ A. Sánchez de Bustamante, *op. cit.*, pp. 19 a 22.

¹⁵ Antonio García y Cubas, *op. cit.*, pp. 87-88.

¹⁶ A. Sánchez de Bustamante, *op. cit.*, p. 23.

¹⁷ Antonio García y Cubas, *op. cit.*, p. 66.

¹⁸ F. Aragón, *op. cit.*, tomo 2, pp. 301 a 305 y 484.

imaginaria en la parte media y la llaman Ecuador, que quiere decir lo que es equitativo. Esas dos partes iguales son llamadas hemisferios, uno del norte, Boreal o Septentrional y otro al sur, Austral o Meridional. A partir del Ecuador, trazan dos círculos menores paralelos a éste, que se llaman los trópicos, de Cáncer al norte y de Capricornio al sur, además de otros dos más pequeños en torno a los polos que se llaman círculos polares. Todas estas líneas señalan zonas. La que está entre dos trópicos, se llama zona tórrida o ardiente porque el Sol la hiere perpendicularmente. Las dos zonas comprendidas entre los trópicos y las polares se llaman templadas porque el Sol les toca oblicuamente. Las dos zonas que están entre los círculos polares y los polos se nombran heladas o glaciales. Tienen noches largas y abundantes y poco Sol. Hay otra división astronómica, que está dada por los climas y así dividen a la Tierra en sesenta partes, treinta hacia arriba del Ecuador y otras tantas hacia el Sur.¹⁹

Longitudes y latitudes geográficas

El fin principal de la geografía es hacer la descripción de la Tierra. Para esto necesita saber primero cuáles son los puntos de la superficie terrestre que ocupan los distintos pueblos del globo. Desde la antigüedad, los astrónomos consiguen este resultado utilizando dos medidas: la *latitud* que es la distancia de un punto cualquiera al Ecuador, y la *longitud* que se mide de un punto cualquiera a un primer meridiano convencional. Para determinar con precisión ambas dimensiones, dividen la superficie del globo en 180 fajas o zonas *paralelas* al Ecuador, 90 al norte de éste y 90 al sur. Cada una de estas zonas se llaman grados de latitud, que son representados en círculos que se llaman paralelos. A su vez, cada grado está dividido en 60 fajas que se llaman minutos y cada uno de éstos en 60 fajas que se llaman segundos.

También dividen la superficie del globo de polo a polo en 360 partes, como si fueran 360 gajos de una naranja. Cada una de estas líneas se llaman meridianos o grados de longitud y se subdividen igual que los de la latitud. Para encontrar cualquier punto de la superficie de la Tierra se le refiere a la intersección que le corresponde de acuerdo a los paralelos y meridianos que lo cruzan.

Durante casi todo el siglo XIX cada nación adopta como primer meridiano el que pasa por su respectivo observatorio principal. En la ciudad de México habrá un oficial en el pueblo de Tacubaya hasta

¹⁹ A. Sánchez de Bustamante, *op. cit.*, p. 28.

principios de este siglo. Antes los astrónomos utilizaban distintos puntos de observación: La Torre poniente de la Catedral, el Colegio de Minería, la Garita de San Lázaro, el Castillo de Chapultepec —en donde el astrónomo Francisco Díaz Covarrubias establece un efímero observatorio en 1863—, una azotea de Palacio Nacional o cualquier terraza que permita una vista amplia y clara del Valle de México.

La mayor parte de los mapas que dibujan los cartógrafos mexicanos decimonónicos cuentan los meridianos a partir de uno nombrado cero que pasa por su capital. Será en 1883 cuando se establezca oficialmente un punto reconocido por todo el mundo como el meridiano cero, en el observatorio de Greenwich en la actual ciudad de Londres.²⁰

Instrumentos y métodos de observación

Dado que la longitud es la distancia que hay entre dos meridianos, ésta se calcula sabiendo la diferencia de horas que hay entre ellos. Sin embargo, por entonces, es muy difícil construir relojes que no sufran variaciones en su movimiento. A esto se agrega el hecho de que en México no se ha establecido una hora oficial. Para salvar estos escollos, los astrónomos recurren a la observación de un fenómeno celeste desde dos puntos de la Tierra. Observan por ejemplo un eclipse de Luna desde dos ciudades distantes. Comparan después la hora en que se da en cada una: la diferencia de hora, da la distancia de los dos meridianos.

Los fenómenos celestes claves para hacer estas observaciones son los eclipses de Sol y de Luna, los de los satélites de Júpiter y la ocultación de las estrellas detrás del disco de la Luna. También con el uso de instrumentos, miden la distancia angular que hay de la Luna a las estrellas o al Sol.

En ese siglo, los fenómenos celestes ya están calculados en almanaques náuticos o anuarios en donde marcan con exactitud el instante en que van a suceder para cada punto de la Tierra. Es fácil comparar la hora en que se lleva a cabo en donde está el observador y la que proporciona el anuario para otro punto: la diferencia marcada en grados, da la longitud.

Para determinar las latitudes hay varios métodos. El más común es medir con un instrumento graduado la altura del Sol al mediodía, sobre el horizonte del lugar donde se observa. A la altura hallada se suma o se resta la declinación del sol. Es suma cuando el Sol está en los signos australes y resta, cuando está en los boreales. El resultado de

Desde los primeros decenios de la segunda mitad del siglo, hay autores como Humboldt, que consideran al meridiano de Greenwich como cero.

cualquier de las dos operaciones se resta a 90 grados y queda la latitud del lugar. Para saber la declinación del Sol, los almanaques o anuarios exhiben tablas calculadas para todos los días del año.²¹

Tanto los astrónomos como los viajeros versados en la práctica de las observaciones, conocen y utilizan el sextante, el círculo repetidor de reflexión, el reloj de longitud, el antejo acromático, el barómetro portátil, el gonómetro, el octante, el círculo vertical, el antejo meridiano, el teodolito repetidor, la brújula nivelante, el telescopio, el decámetro de resorte, el termómetro, el micrómetro, la brújula de inclinación y el cronómetro. Para la segunda mitad del siglo, se siguen empleando estos instrumentos además del altazimut portátil y del troqueómetro.²²

Para la elaboración de mapas es necesario conocer y manejar estos instrumentos además de las observaciones astronómicas que se denominan absolutas, como la de los satélites de Júpiter o las ocultaciones de estrellas a partir de las tablas astronómicas publicadas. Humboldt por ejemplo, está consciente de la falibilidad de los cronómetros, expuestos a cambios de temperatura o a fuertes movimientos en los viajes en diligencia. A pesar de esto, empieza la elaboración de las cartas. Todos aconsejan el método de triangulación con base en operaciones trigonométricas. Sin embargo, como resulta muy costoso y tardado, lo más frecuente será el establecimiento de las latitudes y longitudes de los puntos geográficos usando el sextante.²³

Para calcular las latitudes de la República Mexicana, el ingeniero Francisco Díaz Covarrubias elabora unas “Tablas Geodésicas” que son una serie de fórmulas que se aplican con el uso de algunos instrumentos astronómicos sencillos.

La operación es más delicada para calcular las longitudes y requiere de mayores conocimientos de astronomía. En el México de la segunda mitad del siglo, se calcula la diferencia de meridianos entre una señal luminosa y otra colocada en otro punto. Este método es utilizado para determinar astronómicamente San Juan Teotihuacán en 1865. Tam-

²¹ Los catálogos de estrellas —que las ubican con latitudes y diferencias de longitud— utilizados durante el siglo XIX en México, provienen básicamente de Francia y España. La tabla más citada es *Connaissance des Temps*.

²² Alejandro de Humboldt, *Ensayo político sobre el reino de la Nueva España*, sexta edición castellana, edición crítica con una introducción biobibliográfica, notas y arreglo de la versión española por Vito Alessio Robles, tomo I, México, Robredo, 1941, p. 145 a 150. También José Salazar Ilarregui, *Datos de los trabajos astronómicos y topográficos dispuestos en forma de diario practicados durante el año de 1849 y principios de 1850 por la comisión de límites mexicana en la línea que divide esta república de los Estados Unidos*, México, Imprenta de Juan R. Navarro, 1850, p. 15. Ver también Manuel Orozco y Berra, *Apuntes para la historia de la Geografía en México*, México, Imprenta de Francisco Díaz de León, 1881, p. 390 y 428.

²³ Alejandro de Humboldt, *Ensayo...*, p. 145 a 147 y Salazar Ilarregui, *op. cit.*, pp. 31-32.

bién determinan la longitud por medio de las señales eléctricas producidas por el telégrafo entre una ciudad y otra.²⁴

Los eclipses

Un eclipse, explica García Cubas en su *Curso elemental de Geografía*, es la ocultación momentánea de un astro por la interposición de otro. Es de Sol cuando la Luna se interpone entre la Tierra y el astro. De Luna cuando la Tierra se coloca entre su satélite y el Sol. Se producen con intervalos grandísimos dado que las órbitas de la Luna y de la Tierra no están en un mismo plano.

El interés científico por la observación de un eclipse es muy grande durante el siglo XIX en México. A propósito de un eclipse de sol que tendrá lugar el 18 de julio de 1860, un astrónomo mexicano empieza a prepararse dos años antes para observarlo. Las notas que describe entonces Francisco Díaz Covarrubias nos hablan no sólo de la trascendencia del fenómeno sino sobre todo del estado de la ciencia astronómica en nuestro país.

A ese mexicano le parece importante porque es de por sí un fenómeno de “muda e imponente sublimidad”. Además porque la ciencia espera obtener de la observación información para corregir las tablas astronómicas y para determinar las longitudes geográficas. Además, señala que hay un interés muy grande en saber si existen atmósferas alrededor del Sol y de la Luna.

Nos da a entender que el interés por la astronomía en México lo comparten bastantes mexicanos, menos el gobierno, quien no envía ninguna comisión de estudio a España o al norte de África, donde podrá observarse en su totalidad hacia las cuatro de la tarde. En México se verá una porción muy pequeña. Dado que la traslación de la Luna es de occidente a oriente, éste será el rumbo de la sombra proyectada en la esfera terrestre. Escribe Díaz Covarrubias:

La línea que demarca los puntos en que es visible el eclipse total parte de las costas occidentales de los Estados Unidos a 46 grados de latitud; atraviesa la América inglesa, el mar de Hudson, la península del Labrador, el Atlántico, y pasado al S.O. de las islas británicas, atraviesa la España, cerca de los

²⁴ Manuel Orozco y Berra, *op. cit.*, p. 390 y 398. En cuanto a la latitud y longitud de la ciudad de México, es interesante comparar las medidas dadas por Humboldt a principios de siglo y las de Francisco Díaz Covarrubias hacia la segunda mitad. Humboldt: lat.: 19°25'45" y long.: 101°25'30" y Díaz Covarrubias, lat.: 19°26'12.3" y long.: 6h 36'28.56" o 99°7'8" al Oeste de Greenwich.

Pirineos, el Mediterráneo y penetra finalmente en África hasta el Mar Rojo.²⁵

El contacto aparente de los limbos visibles en México, parte de las costas occidentales a la altura de Guerrero, atraviesa la República hacia el Noreste, “corta el meridiano de la capital en el estado de Guerrero y el paralelo 19 en el de Veracruz”. En el Golfo toca el Sur de la Florida, atraviesa el Atlántico y entra en África tocando las costas de Guinea.

Para que el mayor número de personas lo vean, Díaz Covarrubias calcula desde dos años antes la hora en que ocurrirá para todas las capitales y principales ciudades de la República.

Invita a los científicos y los aficionados a que “den tregua a la política” y lo observen, para que determinen la longitud geográfica del lugar y así sea posible eliminar la influencia de los errores de las tablas astronómicas.

Para observarlo propone el uso de un sextante, un cronómetro y un telescopio. Es importante, dice, determinar el error del cronómetro dos o tres días antes. Por último, recomienda la observación hacia el fin del eclipse porque el último contacto es el que se nota con más exactitud y porque es visible en mayor número de puntos.

La duración del eclipse parcial visible en México, será de las 5.18 de la mañana hasta las 10.31. Francisco Díaz Covarrubias piensa ubicarse en la ciudad de México, en un Observatorio provisional que está cerca de la garita de San Lázaro y desde donde ha determinado meses antes, la posición de la capital. Como reconecedor de las maravillas celestes y de su importancia para la ciencia, este astrónomo no puede más que abrigar la esperanza de que a pesar de que el eclipse se verifique en la estación de aguas, no halla nublados que son, concluye, “el escollo en que se estrellan las ilusiones del astrónomo”.²⁶

Las cartas geográficas

El modo más exacto de considerar a la Tierra es por medio de una esfera, pero si ésta es pequeña no puede dar detalles. Por eso, dicen los geógrafos del XIX, se han inventado unos cuadros o mapas que representan en una superficie plana el todo o parte de la Tierra. Cada carta o mapa, no importa su tamaño, tiene cierta relación con la magnitud

²⁵ Francisco Díaz Covarrubias, “Eclipse solar del 18 de julio próximo” en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, tomo VIII, México, 1860, p. 236 a 240.

²⁶ *ibid.*, p. 240.

verdadera de la Tierra. Esta relación se indica con la escala que representa al espacio pequeño, que corresponde en el mapa a una determinada cantidad de leguas.

Cada nación tiene sus medidas para valuar sus distancias. Desde principios de siglo se propone adoptar la unidad de medida denominada metro, que es utilizada en Francia y que corresponde a una de las diez millones de partes del arco de un cuadrante de meridiano. En México, los constituyentes de 1857 decretan la abolición de la vara²⁷ y el establecimiento del metro.

El dibujo sobre el plano permite poner muchos símbolos. Durante el XIX los ríos se figuran con rayas que se ensanchan en su entrada al mar. A los montes los representan como si se tratara de un cuadro: llenos de bosques con árboles pequeñitos. A los lagos, los dibujan como una sombra y los arenales con puntos. Proponen que la mejor división política es la que sigue los límites naturales, pero aceptan que la mayor parte de las divisiones contrastan de modo absurdo con la ubicación de las montañas o los ríos.²⁸

La astronomía y la cartografía en el siglo XIX mexicano

La cartografía del siglo XIX en México está representada más de cincuenta años por los trabajos de un viajero alemán que recorre algunas importantes regiones de la Nueva España a principios del siglo pasado. Humboldt dedica su viaje a la observación y estudio del territorio. Se confiesa “movido por la exactitud y el amor a la verdad”. Le desconcierta que la geografía de la que considera una de las más hermosas regiones de la Tierra esté en tinieblas. Se propone pues escribir sobre el reino tal como lo ve. También hace mapas para formar un atlas geográfico.

Su propuesta es novedosa pues él mismo realiza las observaciones astronómicas y las medidas geodésicas y barométricas, para determinar la latitud y la longitud geográfica de la mayor parte de puntos posibles. Para hacer algunos mapas, se ayuda con planos y notas manuscritas que dice encontrar en los archivos u ocultas en los conventos.

Como resultado de su intensa investigación, publica su obra en diferentes partes: “La Estadística de México”, la de “La Relación Histórica del viaje a los trópicos” y los que llama “Volúmenes Astronómicos”.

Para Humboldt, los estudios geográficos exigen una variedad de conocimientos. Los fundamentos que ha tenido para elaborar su *Ensayo*

²⁷ Esta medida también varía dependiendo el país que la usa. La vara castellana mide 0.835m.

²⁸ A. Sánchez de Bustamante, *op. cit.*, pp. 38-39.

Político y La Relación Histórica son la discusión con las antiguas medidas astronómicas, geodésicas o itinerarias, y la comparación crítica de las obras descriptivas de viajeros, estadísticas, historias de guerras y relaciones de los misioneros.

Humboldt se congratula de que la parte astronómica de la geografía es la que ha florecido mejor en su tiempo. Reconoce que las observaciones del joven mexicano Joaquín Velázquez de León están basadas en estudios matemáticos y astronómicos muy serios y, entre otras, considera correcta la medida de longitud y latitud que éste propuso para la ciudad de México.²⁹ Humboldt cree que se debe a la exactitud de los instrumentos, a la habilidad de los observadores y, sobre todo, subraya, a la perfección de las tablas astronómicas, que son las que según él, proporcionan el elemento fundamental para la elaboración de los mapas. A los cálculos y mediciones científicas, Humboldt agrega la necesidad de “contar con aquel tino que solamente da la práctica de la astronomía y que induce a la elección de un resultado definitivo entre una larga serie de ocultaciones de astros, de eclipses de satélites y de distancias lunares”.³⁰

Los avances en la elaboración de planos y cartas son indudables. Sin embargo, el balance que hace Manuel Orozco y Berra hacia fines del siglo no es muy alagador. Reconoce que a la *Carta General de la República Mexicana* de Antonio García y Cubas de 1863 “debe asignársele el primer lugar entre los mapas de nuestra patria”, aunque agrega después que no lleva su admiración “hasta creerla perfecta” porque todavía no es posible —escribe en 1880— “conocer exactamente la vasta extensión de nuestro país”.³¹

Sobre la enseñanza de la geografía a los niños, a finales del siglo XIX en México

Antonio García y Cubas considera que el estudio de la geografía es de tal importancia “que solamente puede ocultarse a las personas de nula capacidad”. Para él, son inseparables la cosmografía, la geografía física y la descriptiva. Se queja de que en los colegios de su tiempo en México, se estudia preferentemente a la tercera, que “ejercita más en los niños la memoria que la inteligencia”. Propone una enseñanza ordenada de la astronomía. Reconoce que ha estudiado las obras de F.

²⁹ Roberto Moreno, *Joaquín Velázquez de León y sus trabajos científicos sobre el Valle de México, 1773-1775*, México, UNAM-IIIH, 1977, p. 141-147.

³⁰ Alejandro de Humboldt, *Ensayo Político sobre el Reino de la Nueva España*, introducción geográfica, sexta edición castellana, México, Pedro Robredo, 1941, tomo I, pp. 139 a 142.

³¹ Manuel Orozco y Berra, *ob. cit.*, p. 428.

Aragó, Humboldt, Cortambert y otros, para explicar con claridad una de las cosas que considera más admirables del hombre pensante: el examen del firmamento en una noche serena, la coloración de la luz, el fulgor de las estrellas y todos los fenómenos admirables que ofrece la bóveda celeste.³²

³² Antonio García y Cubas, *op. cit.*, p. VII y VIII.