

---

# Terra esfèrica

Autor:

Data de publicació: 10-03-2019

**El concepte de Terra esfèrica data de l' filosofia grega antiga d'al voltant del segle VI a. C. , però va romandre com a matèria d'especulació filosòfica fins al segle III a. C., quan la astronomia hel·lenística va establir la esfericitat de la Terra com una dada físic. El paradigma hel·lènic va ser gradualment adoptat en el vell món durant l'Antiguitat i l'Edat Mitjana. Una demostració pràctica de l'esfericitat de la Terra va ser duta a terme per Fernando de Magallanes i Juan Sebastián Elcano en la seva expedició de circumnavegació del món (1519-1523).**

Il·lustració medieval d'una Terra esfèrica, amb compartiments representant terra , aire i aigua (c. 1400).

El concepte de Terra esfèrica data de l' filosofia grega antiga d'al voltant del segle VI a. C. , però va romandre com a matèria d'especulació filosòfica fins al segle III a. C., quan la astronomia hel·lenística va establir la esfericitat de la Terra com una dada físic. El paradigma hel·lènic va ser gradualment adoptat en el vell món durant l'Antiguitat i l'Edat Mitjana. Una demostració pràctica de l'esfericitat de la Terra va ser duta a terme per Fernando de Magallanes i Juan Sebastián Elcano en la seva expedició de circumnavegació del món (1519-1523).

El concepte de Terra esfèrica va desplaçar creences anteriors en una Terra plana : a l'antiga mitologia de Mesopotàmia , el món era vist com un disc pla surant en l'oceà i envoltat per un cel esfèric, i això va formar la premissa dels mapamundis antics com els de Anaximandre i Hecateu de Milet . Altres especulacions sobre la forma del món inclouen: un zigurat de set nivells o muntanya màgica , al qual s'al·ludeix en l' Avesta i altres escrits antics perses ; una roda, bol o pla amb quatre cantons esmentat en el Rig-veda . En el llibre profètic de Isaïes de la Bíblia , també la hi esmenta com un cercle .

La comprensió que la forma de la Terra s'aproxima a la d'un el·lipsoide data del segle XVIII ( Maupertius ). Al començament del segle XIX, el aplatament de l'el·lipsoide terrestre va ser estimat en un ordre de 1/300 ( Delambre , Everest ). El valor actual, determinat pel WGS84 del US DoD des de 1960, és proper a 1 / 298,25.

## Índex

### 1 Historia

#### 1.1 Antiguitat

##### 1.1.1 Grècia Clàssica

##### 1.1.2 Hel·lenisme

##### 1.1.3 Imperi romà

##### 1.1.4 Expansió cap a l'Est

#### 1.2 Edat Mitjana

- 
- 1.2.1 Món cristià
  - 1.2.2 Món islàmic

### 1.3 Edat Moderna

- 1.3.1 Circumnavegació del globus
- 1.3.2 Dinastia Ming a la Xina

- 2 Sumari d'evidències
- 3 Geodèsia
- 4 Vegeu també
- 5
- 6

## Història

### Antiguitat

#### Grècia Clàssica

Tot i que les primeres evidències d'una Terra esfèrica provenen de fonts gregues, no hi ha registres de com l'esfericitat de la terra va ser descoberta. Una explicació plausible és la mera apreciació visual d'altres cossos celestes, com el sol o la lluna, la forma es veu esfèrica a simple vista. Un altre origen molt clar pot ser "l'experiència de viatjants que van suggerir tal explicació a causa de la variació en la altitud observable i el canvi en l'àrea de les estrelles circumpolars", un canvi per altres dràstic entre els assentaments grecs al voltant de l'Est del mar Mediterrani , particularment aquells del delta del Nil i de Crimea .

Segons Diògenes Laerci , " Pitàgores és el primer grec a afirmar que la Terra és rodona", però Teofrast li atribueix aquest fet a Parmènides , i Zenón a Hesíode .

#### Pitàgores

Els filòsofs grecs primerencs al·ludeixen a una Terra esfèrica encara que amb certa ambigüitat. Pitàgores (segle VI a. C.) està entre aquells que es diu que van originar la idea, però això pot ser reflex de la pràctica de encolorir cada descobriment a un o altre dels antics savis. L'escola pitagòrica és la responsable de la teoria sobre l'harmonia de les esferes, on tots els cossos celestes, inclosa la terra, són reconeguts de forma esfèrica. Alguna idea sobre l'esfericitat de la Terra sembla haver estat coneguda tant per Parmènides com Empédocles al segle V aC, però el mateix va poder haver estat formulada en la escola pitagòrica al segle V aC després del segle V aC, cap escriptor grec de renom va pensar que la Terra era una altra cosa que rodona.

#### Heròdot

A les Històries , escrit en 431-425 a. C., Heròdot recull el relat egipci sobre la suposada circumnavegació fenícia d'Àfrica sota Necó II c. 610-595 a. C. (Històries, 4.43). El relat inclou el descobriment que al sud d'Àfrica el sol s'observa cap al nord, però l'historiador, no dóna crèdit a aquesta observació. Això és senyal de la ignorància general de la declinació eclíptica invertida en el hemisferi sud .

#### Plató

Plató (427-347 a. C.) també ensenyava que la Terra era una esfera encara que no va oferir cap justificació. Si un pogués elevar-se per sobre dels núvols, la Terra semblaria "una d'aquestes boles cobertes de cuir en dotze parts, de diversos colors, que són mostres dels colors que els pintors fan servir al món". En el Timeu , obra accessible en llatí en l'Edat Mitjana, es llegeix que "[el Creador] va fer el món en forma de globus, rodó com un torn, amb els seus extrems equidistants del centre en totes direccions, de per sí la més perfecta de totes les figures ", si bé la paraula "món" generalment es refereix a l'univers. També en el diàleg del Fedó , Plató arriba a afirmar que si es pogués veure la Terra des de fora "... si un la contempla des de dalt, és com les pilotes de dotze franges de cuir, variada, decorada pels colors, de els que els colors que hi ha aquí, aquests que fan servir els pintors, són com mostres. " (Fedó, 110b-c)

#### Aristòtil

Aristòtil (384-322 a. C.) va observar que "havia estrelles visibles des de Egipte i [...] Xipre que no es veuen des de regions del Nord." Atès que això només pot succeir sobre una superfície corba, també creia que la terra era una esfera "de no grans dimensions, o d'una altra manera l'efecte de tan petit canvi de lloc no seria ràpidament aparent." (de caelo, 298a2-10)

Aristòtil va proveir arguments físics i observacionals per sustentar la idea d'una Terra esfèrica:

Tota porció de la Terra tendeix cap al centre i forma una esfera per compressió i convergència (De caelo, 297a9-21);  
Els viatgers que van cap al Sud veuen les constel·lacions del sud elevar-se més alt sobre l'horitzó;  
L'ombra de la Terra sobre la Lluna durant un eclipsi lunar és rodona (De caelo, 297b31-298a10).

Els conceptes de simetria, equilibri i repetició cíclica permeen els treballs d'Aristòtil. En el seu tractat Meteorologia , divideix el món en cinc zones climàtiques: dues àrees temperades separades per una zona tòrrida prop del equador , i dues regions inhòspites, "una propera al nostre pol Nord i l'altra propera al [...] pol Sud, "ambdues impenetrables i envoltades de gel (Meteorologia, 362a31-35). La cosmovisió d'Aristòtil sobre l'univers és que està constituït per diverses esferes de diferent matèria, col·locades segons el seu pes. Entre la més lleugera i externa és la de foc, seguida per la de l'aire, aigua, i finalment la terra, la més pesada. "En efecte, estant situada l'aigua al voltant de la terra, així com al voltant de aquella l'esfera de l'aire i entorn a aquesta la trucada (esfera) de foc ..." (Llibre II, 354b, 23-25) .

Hel·lenisme

Eratòstenes

Eratòstenes (276-194 a. C.) va estimar la circumferència de la Terra cap 240 a. C. Havia sentit que a Siena , durant el solstici d'estiu, el Sol es troba directament sobre la vertical, mentre que encara dona ombra a Alexandria . Utilitzant els diferents angles que formen les ombres com a base dels seus càlculs trigonomètrics, va estimar la circumferència a 250 000 estadis . Es desconeix la longitud del 'estadi' usat per Eratòstenes, però l'estimació d'Eratòstenes només té un marge d'error d'entre cinc i quinze per cent del valor actual de 40.008 km. Eratòstenes va utilitzar estimacions grolleres i arrodoniments, i va haver d'assumir que el Sol es trobava tan lluny de la Terra que els raigs de Sol eren essencialment paral·lels . No obstant això les seves estimacions, encara que basats en geometria euclidiana, només van fallar en menys del 10%. La terra és gairebé una esfera, i Eratòstenes el va veure.

Seleuco de Seleucia

Seleuco (c. 190 a. C.), que va viure a la regió de la Seleucia del Tigris , va establir que la Terra és esfèrica (i que de fet orbita al voltant del Sol), influenciat per la teoria heliocèntrica de Aristarc de Samos .

Posidoni

Posidonio (c. 135-51 BC) es va basar en el mètode d'Eratòstenes, i guiant-se per l'estrella Canopus en lloc del Sol, va establir el diàmetre de la Terra; aquest és el valor registrat en el Geographia de Ptolemeu, per sobre el d'Eratòstenes.

Imperi romà

Des dels seus orígens grecs, els pensaments sobre Astronomia es van escampar lentament al voltant del globus, la idea del món esfèric finalment es va convertir en la visió adoptada per les majors tradicions astronòmiques.

A Occident, la idea els va venir naturalment als romans a través del llarg procés de mescla amb la civilització hel·lènica. Alguns autors romans com Ciceró i Plini es refereixen en els seus treballs a la rodonesa de la Terra com assumpte donat per fet.

Estrabó

---

Quan el navili es troba sobre l'horitzó, la seva part inferior és invisible, a causa de la curvatura de la Terra.

Ha estat suggerit que probablement els mariners van proveir la primera evidència observacional que la Terra no era plana, basats en observacions de l'horitzó. Aquest argument va ser esgrimit pel geògraf Estrabó (c. 64 BC - 24 a. C.), que va suggerir que la forma esfèrica de la Terra era probablement coneguda pels navegants del Mar Mediterrani almenys des dels temps de Homer, cita una línia de la Odissea per indicar que el poeta Homer ja estava al tant d'això com a mínim des del segle 7 o 8 a. C. Estrabó nomena diversos fenòmens observats al mar que suggereixen que la Terra és esfèrica. Observa que els llums elevades o les porcions de terra eren més visibles per als mariners allunyats que aquelles més baixes, i conclou que la curvatura de la mar era la responsable òbvia.

Claudi Ptolemeu

Claudi Ptolemeu (90-168 d. C.) va viure a Alexandria, centre intel·lectual del segle II. En el seu *Almagest*, que va ser el referent estàndard sobre astronomia durant 1 400 anys, avança molts arguments per l'esfericitat de la Terra. Entre ells, l'observació que, en navegar cap a les muntanyes, aquestes semblen elevar-se del mar, indicant que estaven ocultes per la superfície corba de l'aigua.

És també autor del *Geographia*, vuit volums sobre la Terra. La primera part és una discussió sobre les dades i mètodes utilitzats. Com en el model del sistema solar de l'*Almagest*, Ptolemeu aboca tota la informació en un gran esquema. Assigna coordenades a tots els llocs i regions geogràfiques d'ell conegudes, en una grilla que cobreix el globus (encara que la major part d'aquest treball s'ha perdut). La latitud era mesura des del equador, com avui dia, però Ptolemeu prefereix expressar-la com la mesura del dia més llarg en lloc de graus d'arc; situa el meridià de longitud 0 a la regió més a l'Oest coneguda, les Illes Canàries.

*Geographia* indicava les regions de "sèrica" i "Sinae" (Xina) a l'extrem dret, darrere de l'illa de "Taprobane" (Sri Lanka, engrandida) i la "Aurea Chersonesus" (península d'Àsia Sud-oriental).

Ptolemeu també va dissenyar i va donar instruccions de com crear mapes tant del món inhabitat (*oikoumene*) com de les províncies romanes. A la segona part del *Geographia* proveeix les llistes topogràfiques i captures per als mapes. El seu *oikoumene* abastava 180 graus de longitud des de les Canàries a l'oceà Atlàntic fins a la Xina, i uns 81 graus de latitud des de l'Àrtic a les Índies Orientals i dins d'Àfrica. Ptolemeu era conscient que només coneixia al voltant d'un quart del globus.

antiguitat tardana

La aquiescència sobre la forma esfèrica de la Terra va ser rebuda pels erudits de la Antiguitat tardana sense preàmbuls, tant en el neoplatonisme com en el cristianisme primitiu. Dubtes teològics provinents del model de la Terra plana defensat per la doctrina catòlica van inspirar a alguns estudiosos cristians primerencs com Lactanci, Joan Crisòstom i Atanasio d'Alexandria, però va ser una excentricitat, i autors cristians doctes com Basili el Gran, Ambrosio Aureliano i Agustí d'Hipona estaven clarament al corrent de l'esfericitat de la Terra. La idea d'una Terra plana va persistir llargament al cristianisme siríac, la tradició donava gran importància a una interpretació literal de l'Antic Testament; Cosme Indicopleustes (un autor que pertany a aquesta tradició), presentava la Terra plana al segle VI. Aquesta última reminiscència de l'antic model del cosmos va desaparèixer durant el segle VII, i des del segle VIII fins a començaments del període medieval, "cap cosmògraf de pes ha cridat a debatre l'esfericitat de la Terra."

Expansió cap a l'Est

Amb l'adveniment de la cultura grega a l'Est, la astronomia hel·lènica es va filtrar cap a l'Índia, on la seva profunda influència es va fer evident en els primers segles de la nostra era. El concepte grec d'una Terra esfèrica envoltada per les esferes dels planetes, vehementment defensada per astrònoms com Varahamihira i Brahmagupta, van suplantar la creença cosmològica índia (àmpliament instal·lada) d'un món en forma de disc pla. Els treballs dels astrònoms indis clàssics i el matemàtic Aryabhata (476-550 AD), tracten sobre l'esfericitat de la Terra i el moviment dels planetes. Les últimes dues parts de la seva *magnus opus*, el *Aryabhatiya* (en sànscrit), denominats *Kalakriya* ("còmput del temps") i *Gola* ("esfera"), estableixen que la Terra és esfèrica i la seva circumferència de 4,967 ioyanas, el que en unitats modernes equival a 39,968 km, proper al valor ja calculat per Eratóstenes al segle tercer aC. Aryabhata també va establir que la rotació aparent dels objectes celestes era deguda a l'actual rotació de la Terra. El *Aryabhatiya* al seu torn, va influenciar als erudits de l'Islam medieval.

Edat Mitjana

---

L'orbe del globus cruciger usat durant la I. Mitjana per a representar a Déu sobre la Terra (esfèrica). Moneda de Constantí , del s. IX.

El concepte d'una Terra esfèrica va anar directament transmès al corpus de coneixement medieval sobre la base dels textos grecs antics ( Aristòtil ) i via autors com Isidor de Sevilla i Beda el Venerable . Les traces es tornen cada vegada més evidents amb el sorgiment de la escolàstica i la ensenyament medieval . La seva disseminació més enllà de l'esfera immediata de les escoles grecoromana va ser gradual, associada al ritme de la cristianització d'Europa. Per exemple, la primera evidència de la idea d'una Terra esfèrica a Escandinàvia data d'una traducció nòrdica antiga del Elucidarium del segle XII.

Món cristià

Agustí d'Hipona

En els començaments del cristianisme, hi havia un debat teòric sobre l'existència d'hommes en les antípodes de la Terra separats per un gran oceà. El pare i doctor de l'església Sant Agustí (354-430) no estava a favor de l'existència d'aquests, ja que seria difícil d'explicar si eren descendents d'Adam i Eva, posant en dubte la idea d'una humanitat unida. Pel que argumenta així en la seva obra La ciutat de Déu :

"Encara que es crea o es demostrï amb alguna raó que el món és de figura circular i rodona, amb tot, no se segueix que també per aquella part ha d'estar nua la terra de la congregació massa de les aigües ..." (La ciutat de Déu, Llibre XVI, Capítol 9)

Agustí d'Hipona dona per suposat la forma esfèrica de la Terra a les portes de l'Edat Mitjana. Tant és així, que en les seves obres descriu la Terra com un globus:

"Tota la terra coberta per la aigua, res s'oposava al fet que la mola esfèrica i aquosa engloba tingués el dia d'una banda amb la presència de llum, i la nit per l'altre amb la seva absència." (Comentari literal al Gènesi, I, 12, 26)

Encara que sí que és cert que alguns cristians van rebutjar la Terra rodona per motius religiosos, com Lactanci , però les seves influències són escasses, fins a punt de considerar-los heretges.

Isidor de Sevilla

El escolàstic Isidor de Sevilla (560-636) ensenyava, en la seva coneguda enciclopèdia Etymologiae , que la Terra era rodona. Alguns escriptors creuen que es referia a una Terra esfèrica, però altres escrits deixen clar que considerava que la Terra tenia forma de disc o roda.

Beda el Venerable

El monjo Sant Beda (c. 672-735) va escriure, en el seu influent tractat sobre còmput, De Temporum Ratione, que la Terra era rodona, explicant la durada desigual de la llum del dia per la "rodonesa de la Terra, no sense raó anomenada 'l'orbe del món' a les pàgines de les Escripures Sagrades i la literatura ordinària. És de fet, com una esfera al mig de l'univers sencer." (De temporum ratione, 32).

Il·lustració de Terra esfèrica i les quatre estacions. Llibre del s. XII Liber Divinorum Operum de Hildegarda de Bingen .

---

La gran quantitat de manuscrits supervivents del *De Temporum Ratione*, copiats per adequar-se al requeriment carolingi segons el qual tots els monjos havien d'estudiar el computus, indiquen que molts, si no és que la majoria d'ells, va haver d'estar al tant de la idea de l'esfericitat de la Terra. Aelfrico parafraseja a Sant Beda en dir: «Ara la rodonesa de la Terra i l'òrbita del Sol constitueixen l'obstacle perquè la llum del dia duri el mateix a tot arreu.»

Sant Beda era perfectament conscient de la esferaicitat de la Terra, en escriure "Fem una crida a la Terra el globus, no perquè la forma esfèrica s'expressi en la diversitat de valls i muntanyes, abans bé, si totes les coses s'inclouen en el contorn, la circumferència de la Terra representa la figura d'un globus perfecte ... Doncs de veritat és un orbe situat al centre de l'univers, la seva amplada és el d'un cercle, i no circular com un escut sinó més aviat com una pilota, i es s'estén des del seu centre amb rodonesa perfecta cap a totes bandes. "

Anania Shirakatsi

L'erudit armeni del segle VII, Anania Shirakatsi , descrivia al món com "un ou amb un rovell esfèrica (el globus) envoltat d'una capa de clara (l'atmosfera) i cobert d'un escut dur (el cel)."

Plenitud de la Baixa Edat Mitjana

Durant la Plenitud de l'Edat Mitjana , el saber astronòmic a l'Europa cristiana s'estén més enllà de la transmissió directa d'autors antics gràcies a l'estudi de la astronomia àrab medieval. Un receptor d'hora de tals coneixements va ser Gerbert d'Aurillac , que es convertiria en el Papa Silvestre II .

Santa Hildegarda de Bingen ( Hildegarda de Bingen , 1098-1179), descriu una Terra esfèrica diverses vegades en el seu treball *Liber Divinorum Operum*. [5]

Johannes de Sacrobosco (c. 1195 - c. 1256 d. C.) va escriure un famós treball sobre astronomia titulat *Tractatus de sphaera* , basat en Ptolemeu, en què considera la Terra com una esfera.

Alfons X el Savi (1221 - 1284) va escriure que és ben sabut que el món és rodó, *General Estoria* , XXIII, Dels termes de les tres parts de la terra.

El filòsof dominic Sant Tomàs d'Aquino (1224 - 1274) en la seva obra magna, la *Summa Teològica* , diu que:

"A diverses maneres de conèixer, diverses ciències. Per exemple, tant l'astrònom com el físic poden concloure que la terra és rodona. Però mentre l'astrònom ho dedueix per alguna cosa abstracte, la matemàtica, el físic ho fa per alguna cosa concreta, la matèria . "

*Summa Theologiae* I. q. 1, a. 1, ad

Il·lustració del manuscrit *Vox clamantis* (ca. 1400). John Gower es prepara a disparar-li al món, una esfera amb compartiments representant terra, aire i aigua.

La Divina comèdia de Dante, escrita en italià a principis del segle XIV, retrata la Terra com una esfera, discutint les seves implicacions com les diferents estrelles visibles des de l'hemisferi sud , la posició alterada del Sol i els diferents fusos horaris de la Terra. A més, el *Elucidarium* de Honori d'Autun (c. 1120), un important manual d'instrucció clerical, que va ser traduït a l' anglès mitjà , francès antic , alt alemany mitjà , antic eslau oriental , alemany mitjà , nòrdic antic , islandès , espanyol i diversos dialectes italians, fa menció explícita d'una Terra esfèrica. De manera similar, el fet que Bertold de Ratisbona (mitjans del segle XIII) va utilitzar la Terra esfèrica com a il·lustració en el seu sermó mostra que podia assumir aquest fet entre la seva congregació. El sermó es va donar en alemany vernacle, després no era per a

---

una audiència entesa.

L'exploració portuguesa d'Àfrica i Àsia, el viatge de Cristòfor Colom a Amèrica (1492) i finalment la circumnavegació del globus per Fernando de Magallanes (1519-1521) van proveir proves pràctiques de la forma global de la Terra. Els colons europeus van plantar la idea en les colònies americanes .

#### Món islàmic

La astronomia àrab medieval va heretar la idea d'una Terra esfèrica de la tradició astronòmica grega . El marc de referència teòric es basava fonamentalment en les contribucions de Aristòtil ( *De caelo* ) i Ptolemeu ( *Almagest* ), els qui van treballar tots dos sota la premissa que la Terra era esfèrica i el centre de l'univers ( model geocèntric ).

Els estudiosos islàmics primerencs van reconèixer l'esfericitat de la Terra, portant als matemàtics musulmans a desenvolupar la trigonometria esfèrica amb l'objectiu de mesurar i calcular la distància i la direcció de qualsevol punt donat de la Terra a la Meca . Això va determinar la alquibla , o direcció musulmana per resar.

#### Al-Ma'mun

Al voltant de 830 d. C., el califa Mamun va comissionar a un grup de astrònoms i geògrafs musulmans perquè mesuressin la distància des Tadmur ( Palmira ) fins al-Raqqah , en el que és avui Síria. Van trobar que les ciutats estaven separades per un grau de latitud i que la distància del arc de meridià entre elles era de  $56 \frac{2}{3}$  de milla àrab (111.8 km) per grau, la qual cosa correspon a una circumferència de 40,248 km, molt proper al valor conegut actualment de 111.3 km per grau i 40,068 km de circumferència, respectivament.

#### Al-Farghani

Al-Farghani (conegut com Alfraganus) va ser un astrònom persa del segle IX, comissionat per Mamun per mesurar el diàmetre de la Terra. Les seves estimacions per a un grau (  $56 \frac{2}{3}$  de milla àrab) van ser molt més precises que els  $60 \frac{2}{3}$  de milla romana donades per Ptolemeu. Cristóbal Colón va utilitzar la figura de Alfraganus com si estigués en milles romanes en lloc de milles àrabs, amb l'objecte de provar que la mida de la Terra era menor que el propugnat per Ptolemeu i fer així assequible (amb els mitjans del segle XV) la circumnavegació en direcció oest.

#### Al-Biruni

Mètode d'Al-Biruni per calcular el radi terrestre.

Abu Rayhān Biruni (973-1048) va utilitzar un nou mètode per computar la circumferència terràquia, obtenint un valor proper als valors moderns. Va estimar el radi terrestre en 6.339,9 km, tan sols 16.8 km menys que el valor modern de 6.356,7 km. En contrast amb els seus predecessors que van mesurar la circumferència de la Terra observant el Sol simultàniament des de dos llocs diferents, Al-Biruni va desenvolupar un nou mètode utilitzant càlculs trigonomètrics basat en l'angle format entre un pla i el cim d'una muntanya , amb el que va obtenir millors mesuraments de la circumferència terrestre i va fer possible el realitzar aquest mesurament des d'un sol lloc, per una sola persona. El mètode d'Al-Biruni tenia la intenció d'evitar "caminar a través d'calorosos i polvorosos deserts", i la idea li va venir quan es trobava a la part alta d'una muntanya alta a l'Índia. Des del cim, va albirar l'angle amb l'horitzó, la qual cosa, juntament amb l'altura de la muntanya (que havia calculat prèviament), li va permetre calcular la curvatura de la Terra. També va fer ús de l'àlgebra per formular equacions trigonomètriques i va utilitzar el astrolabi per mesurar angles.

John J. O'Connor i Edmund F. Robertson escriuen en MacTutor History of Mathematics archive :

"Biruni també va realitzar importants contribucions en geodèsia i geografia; introduir tècniques de mesurament de la Terra i de distàncies utilitzant triangulació . Va trobar que el radi de la Terra era de 6339.6 km, un valor no obtingut a

---

Occident fins al segle XVI. El seu cànon Mas 'udi conté una taula amb les coordenades de 600 locaciones, de les quals coneixia gairebé totes. "

Edat Moderna

Circumnavegació del globus

Vegeu també: Era dels descobriments

Erdapfel , el globus terraquí més antic que es conserva (1492-1493).

La primera demostració directa de la esfericitat de la Terra va venir a través de la primera circumnavegació de la història , una expedició encapçalada per l'explorador portuguès Fernando Magallanes . L'expedició va ser finançada per la Corona Espanyola. El 10 d'agost de 1519, les cinc naus (Trinitat, Santiago, Sant Antoni, Concepció i Victòria) comandades per Magallanes van partir de Sevilla , van creuar el Océan Atlàntic , van passar a través de l' estret de Magallanes , van creuar el Pacífic i van arribar a Cebú , allà Magallanes mor en una batalla a mans de filipins nadius. El seu segon al comandament, l'espanyol Juan Sebastián Elcano , va continuar amb l'expedició i, el 6 de setembre de 1522, va arribar a Sevilla, completant la circumnavegació. Carles I d'Espanya , en reconeixement a Elcano, li va atorgar un escut d'armes amb la llegenda *Primus circumdedisti me* (en llatí, "El primer que em circumdaste").

La circumnavegació per si sola no prova que la forma de la Terra sigui exactament esfèrica. Podria ser cilíndrica o irregularment globular o d'alguna altra forma. Així i tot, combinat amb l'evidència trigonomètrica utilitzada per Eratóstenes 1,700 anys abans, l'expedició de Magallanes va despullar tot dubte raonable en els cercles educats d'Europa.

Dinastia Ming a Xina

Durant el segle XVII, la idea d'una Terra esfèrica, ja considerablement avançada per la Astronomia d'Occident , es va expandir finalment a la Xina , quan els missioners jesuïtes , que tenien altes posicions com astrònoms de la cort imperial, van desafiar amb èxit la creença xinesa de una Terra plana i quadrada.

Sumari d'evidències

Nota: l'ordre d'aparició correspon al de la seva observació històrica.

Des del mar és possible veure muntanyes elevades o llums altes des de grans distàncies molt abans que els terrenys baixos, i els pals dels vaixells abans que els cascots. També és possible veure més lluny trepàndose al vaixell o, en terra, cap a turons elevades.

El Sol està més baix en el cel en viatjar cap al Nord, mentre que estrelles com Polaris, l'estrella del Nord, estan més altes. Altres estrelles brillants com Canopus , visible des d'Egipte, desapareix del cel.

La Terra projecta una ombra esfèrica sobre la superfície de la Lluna durant un eclipsi lunar.

El reporti temporal dels eclipsis lunars (que són vistos simultàniament) es dona diverses hores després a l'Est (p. Ex. Índia) que a l'Oest (p. Ex. Europa). Els horaris locals es corroboren després amb cronòmetres i telègrafs.

En zones situades molt al Sud, des d'Etiòpia fins a Índia, el Sol projecta una ombra cap al Sud en certs moments de l'any. En regions més al Sud encara (p. Ex. Argentina), l'ombra sempre està al Sud.

És possible circumnavegar el món; és a dir, viatjar al voltant del món i tornar al punt de partida.

Els viatgers que circumnaveguen la Terra observen el guany o pèrdua d'un dia, en relació als quals no (vegeu també: línia internacional de canvi de data ).

Un satèl·lit artificial pot donar-li la volta a la Terra i fins i tot ser geoestacionari .

La Terra té forma d'esfera a fotografiar-la des de l'espai.

La geodèsia és la disciplina científica que tracta de la mesura i la representació de la Terra, del seu camp gravitacional i els fenòmens geodinàmics ( moviment polar , marees , moviment de la escorça terrestre ) en un espai de tres dimensions.

Si bé tracta fonamentalment del posicionament i el camp gravitacional i els aspectes geomètrics de les seves variacions temporals, també pot incloure l'estudi del camp magnètic de la Terra.

La forma de la Terra pot ser vista com a mínim de dues maneres:

com la forma d'un geoide , al nivell mig de l'oceà terrestre; o  
com la forma de la superfície terrestre, d'acord aquesta entra i surt del mar.

A mesura que la ciència de la geodèsia va adquirir mesures de la Terra cada vegada més precises, es va trobar que la forma del geoide no era una esfera perfecta sinó que s'aproximava a la d'un esferoide oblat , un tipus particular de el·lipsoide . Mesuraments encara més recents han aconseguit mesurar el geoide amb una precisió sense precedent, revelant concentracions de massa sota de la superfície terrestre.

Vegeu també

terra plana  
Forma de la Terra  
globus terraquí  
mapamundis antics  
esfera celeste  
horitzó

Referències

Dicks, DR (1970). Early Greek Astronomy to Aristotle. Ithaca, NY: Cornell University Press. pàg. 72-198. ISBN 9780801405617 .

"Continuation into Roman and medieval thought": Reinhard Krüger: " Materialien und Dokumente zur mittelalterlichen Erdkugeltheorie von der Spätantike bis zur Kolumbusfahrt (1492) "

Adaptació directa del concepte grec per l'Islam: Ragep, F. Jamil: "Astronomy", in: Krämer, Gudrun (ed.) Et al .: Encyclopaedia of Islam, THREE, Brill 2010, without page numbers

Adaptació índia: D. Pingree : "History of Mathematical Astronomy in Índia", Dictionary of Scientific Biography, Vol. 15 (1978), pp. 533-633 (554f.); Glick, Thomas F., Livesey, Steven John, Wallis, Faith (eds.): "Medieval Science, Technology, and Medicine: An Encyclopedia", Routledge, New York 2005, ISBN 0-415-96930-1 , pàg. 463

Adaptació per la Xina via la ciència europea: Jean-Claude Martzloff, "Space and Time in Chinese Texts of Astronomy and of Mathematical Astronomy in the Seventeenth and Eighteenth Centuries", Chinese Science 11 (1993-94): 66-92 ( 69) i Christopher Cullen, "a Chinese Eratosthenes of the Flat Earth: a Study of a Fragment of Cosmology in Huai Nan tzu???", Bulletin of the School of Oriental and African Studies, Vol. 39, No. 1 (1976 ), pp. 106-127 (107)

Pigafetta, Antonio (1906). "Magellan 's Voyage around the World. Arthur A. Clark". [1]

Otto E. Neugebauer (1975). A History of Ancient Matemàtiques Astronomy. Birkhäuser. pàg. 577. ISBN 354006995X .

Menon, CPS. Early Astronomy and Cosmology. Whitegishm MT, USA: Kessinger Publishing. pàg. 68. [2]

---

Bíblia. "Llibre d'Isaías". Capítol 40, versicle 22.

Recents mesuraments dels satèl·lits suggereixen una Terra en forma de pera ). Hugh Thurston, *Early Astronomy*, (New York: Springer-Verlag), pàg. 119. ISBN 0-387-94107-X .

James Evans, (1998), *The History and Practice of Ancient Astronomy*, page 47, Oxford University Press

Otto E. Neugebauer (1975). *A History of Ancient Matemàtiques Astronomy*. Birkhäuser. pp. 575-6. ISBN 354006995X .

Dicks, DR (1970). *Early Greek Astronomy to Aristotle*. Ithaca, NY: Cornell University Press. pàg. 68. ISBN 9780801405617 .

Charles H. Kahn, (2001), *Pythagoras and the Pythagoreans: una breu history*, page 53. Hackett

Plat. *Phaedo*. pàg. 110b.

Plat. *Timaeus*. pàg. 33.

Van Helden, Albert (1985). *Measuring the Universe: Cosmic Dimensions from Aristarchus to Halley*. University of Chicago Press . pp. 4-5. ISBN 0-226-84882-5 .

«JSC NES School Measures Up» . NASA. 11 de abril de 2006. Consultat el 7 d'octubre del 2010.

«The Round Earth» . NASA. 12 de desembre del 2004. Consultat el 24 de gener del 2008.

Reinhard Krüger: " Materialien und Dokumente zur mittelalterlichen Erdkugeltheorie von der Spätantike bis zur Kolumbusfahrt (1492) "

Hugh Thurston, *Early Astronomy*, (New York: Springer-Verlag), pàg. 118. ISBN 0-387-94107-X .

Odyssey, Bk. 5393: "As he rose on the swell he looked eagerly ahead, and could see land tregui near." Versió en línia .

Strabo (1960) [1917]. *The Geography of Strabo, in Eight Volumes*. Loeb Classical Library edition, translated by Horace Leonard Jones, AM, Ph.D. London: William Heinemann. , Vol.I Bk. I per. 20, pp.41, 43. Versió en línia .

*Almagest*. pp. I.4.

Klaus Anselm Vogel, "Sphaera terrae - des mittelalterliche Bild der Erde und die kosmographische Revolution," PhD dissertation Georg-August-Universität Göttingen, 1995, pàg. 19.

D. Pingree: "History of Mathematical Astronomy in Índia", *Dictionary of Scientific Biography*, Vol. 15 (1978), pp. 533-633 (533, 554f.)

Glick, Thomas F., Livesey, Steven John, Wallis, Faith (eds.): "Medieval Science, Technology, and Medicine: An Encyclopedia", Routledge, New York 2005, ISBN 0-415-96930-1 , pàg. 463

MacTutor . *The Aryabhatiya: Foundations of Indian Mathematics* .

Rudolf Simek, *Altnordische Kosmographie*, Berlin, 1990, pàg. 102.

Isidore, *Etymologiae*, XIV.ii.1 [3]; Wesley M. Stevens, "The Figure of the Earth in Isidore 's *De natura rerum*", *Isis*, 71 (1980): 268-277.

Faith Wallis, trans., *Bede: The Reckoning of Time*, (Liverpool: Liverpool Univ. Pr., 2004), pp. LXXXV-LXXXIX.

Ælfric of Eynsham, *On the Seasons of the Year*, Peter Baker, trans.

Russell, Jeffrey B. 1991. *Inventing the Flat Earth*. New York: Praeger Publishers. pàg. 87.

---

Hewson, Robert H. "Science in Seventh-Century Armènia: Ananias of Sirak, Isis, Vol. 59, No. 1, (Spring, 1968), pp. 32-45

Olaf Pedersen, "In Quest of Sacrobosco", Journal for the History of Astronomy, 16, (1985): 175-221.

«Summa Teològica - la - Qüestió 1» . [hgg.com.ar](http://hgg.com.ar). Consultat el 10 de novembre de 2018.

Ragep, F. Jamil: "Astronomy", in: Krämer, Gudrun (ed.) Et al .: Encyclopaedia of Islam, THREE, Brill 2010, sense número de pàgina.

Muhammad Hamidullah . L'Islam et són impulsion scientifique originelle, Tiers-Monde, 1982, vol. 23, n ° 92, pàg. 789.

David A. King, Astronomy in the Service of Islam, (Aldershot (UK): Variorum), 1993.

Edward S. Kennedy, Mathématiques Geography, pp = 187-8, in ( Rashed i Morelon, 1996 , pp. 185-201)

Ghar?ib al-Funun wa-mulah al-`uy?n, 2.1 "On the mensuration of the Earth and its divisió into seven Climes, es related by Ptolemy and others," (ff. 22b-23a) [3]

Felipe Fernández-Armesto, Columbus and the conquest of the impossible, pp. 20-1, Phoenix Press, 1974.

James S. Aber (2003). Al-Beruni va calcular la circumferència de la Terra en un petit poble de Pind Dadan Khan, districte de Jhelum, Punjab, Pakistan. Abu Rayh?n al-Biruni , Emporia State University .

Lenn Evan Goodman (1992), Avicenna, pàg. 31, Routledge , ISBN 0-415-01929-X .

Behnaz Savizi (2007). «Aplicable Problems in History of Mathematics: Practical Examples for the Classroom» . Teaching Mathematics and Its Applications ( Oxford University Press ) 26 (1): 45-50. doi : 10.1093 / teamat / hrl009 . Consultat el 21 de febrer del 2010.

Mercier, Raymond P. (1992). «Geodesy». En JB Harley, David Woodward (eds.). The History of Cartography: Vol. 2.1, Cartografia in the traditional Islamic and South Asian societies. Chicago & London: University of Chicago Press. pp. 182-184. ISBN 978-0-226-31635-2 .

Beatrice Lumpkin (1997). Geometry Activities from Many Cultures. Walch Publishing. pp. 60 & 112-3. ISBN 0825132851 . [4]

Jim Al-Khalili , The Empire of Reason 2/6 (Science and Islam - Episode 2 of 3) a YouTube , BBC

O'Connor, John J .; Robertson, Edmund F., « Al-Biruni » (en anglès), MacTutor History of Mathematics archive , Universitat de Saint Andrews .

Nowell, Charles E. ed. (1962). Magellan 's Voyage around the World: Three Contemporary Accounts, Evanston: NU Press.

Joseph Jacobs (2006), "The story of geographical discovery" p.90.

«Jean-Claude Martzloff," Space and Time in Chinese Texts of Astronomy and of Mathematical Astronomy in the Seventeenth and Eighteenth Centuries ", Chinese Science 11 (1993-94): 66-92 (69)» (PDF). Arxivat des de l'original el 26 de novembre del 2015.

Christopher Cullen, "Joseph Needham on Chinese Astronomy", Past and Present, No. 87. (May, 1980), pp. 39-53 (42 & 49)

Christopher Cullen, "A Chinese Eratosthenes of the Flat Earth: A Study of a Fragment of Cosmology in Huai Nan tzu???", Bulletin of the School of Oriental and African Studies, Vol. 39, No. 1 (1976), pp. 106-127 (107-109)

---

## Enllaços externs

Wikimedia Commons alberga una galeria multimèdia sobre Terra esfèrica .