



Supplement of

Historical evolution of the geomagnetic declination at the Royal Observatory of Madrid

Jose Manuel Tordesillas et al.

Correspondence to: Jose Manuel Tordesillas (jmtordesillas@transportes.gob.es)

The copyright of individual parts of the supplement might differ from the article licence.

SUPPLEMENTARY MATERIAL

S1 Geomagnetic Reference Model for the Iberian Peninsula and Balearic Islands for 2020.0

This geomagnetic model has been generated by Instituto Geográfico Nacional of Spain (IGN) in collaboration with the Universidad Complutense de Madrid (UCM).

Information about the generation of the model, the visualization of the results obtained for each component and the link for download the model, are available in the following url:

<https://www.ign.es/web/ign/portal/modelo-geomagnetico-referencia-2020>

S2 Monitoring of the agonic line crossing the Royal Observatory of Madrid (ROM):

The monitoring of the crossing of the agonic line through Madrid (Spain) in near real time was carried out by Instituto Geográfico Nacional between September 2021 and September 2023 on its website.

At present, the following link shows a graphic of the evolution of the declination daily mean value for the years 2021 and 2022. Information of the evolution of the agonic line in Spain is also provided.

<https://www.ign.es/web/ign/portal/paso-de-la-linea-agona-por-madrid>

S3 Geomagnetic measurements carried out at ROM in 1855

In 1855 Mr. Rico Sinobas carried out a set of daily declination measurements along the month of September. He also made seven magnetic inclination measurements. These data were published by him in 1856. Table S1 shows the declination values published by Mr. Rico Sinobas and Table S2 shows the inclination values.

Table S1. Declination values measured by Mr. Rico Sinobas at ROM in 1855.

Date	Time (Gottinga)	Declination
31/8/1855	20h 0m	22° 22' 27" W
1/9/1855	2h 30m	22° 29' 39" W
1/9/1855	20h 0m	22° 21' 1" W
2/9/1855	2h 30m	22° 31' 0" W
2/9/1855	20h 0m	22° 22' 10" W
3/9/1855	2h 30m	22° 30' 44" W
3/9/1855	20h 0m	22° 21' 49" W
4/9/1855	2h 30m	22° 29' 55" W
4/9/1855	20h 0m	22° 22' 38" W
5/9/1855	2h 30m	22° 29' 23" W
5/9/1855	20h 0m	22° 21' 49" W
6/9/1855	2h 30m	22° 29' 6" W
6/9/1855	20h 0m	22° 22' 27" W
7/9/1855	2h 30m	22° 31' 0" W
7/9/1855	20h 0m	22° 21' 28" W
8/9/1855	2h 30m	22° 31' 13" W
8/9/1855	20h 0m	22° 22' 27" W
9/9/1855	2h 30m	22° 29' 39" W

9/9/1855	20h 0m	22° 20' 23" W
10/9/1855	2h 30m	22° 29' 39" W
10/9/1855	20h 0m	22° 20' 39" W
11/9/1855	2h 30m	22° 33' 53" W
11/9/1855	20h 0m	22° 21' 44" W
12/9/1855	2h 30m	22° 29' 11" W
12/9/1855	20h 0m	22° 21' 1" W
13/9/1855	2h 30m	22° 30' 22" W
13/9/1855	20h 0m	22° 21' 49" W
14/9/1855	2h 30m	22° 29' 39" W
14/9/1855	20h 0m	22° 21' 6" W
15/9/1855	2h 30m	22° 30' 22" W
15/9/1855	20h 0m	22° 22' 16" W
16/9/1855	2h 30m	22° 31' 32" W
16/9/1855	20h 0m	22° 22' 43" W
17/9/1855	2h 30m	22° 29' 28" W
17/9/1855	20h 0m	22° 21' 44" W
18/9/1855	2h 30m	22° 29' 39" W
18/9/1855	20h 0m	22° 21' 50" W
19/9/1855	2h 30m	22° 28' 50" W
19/9/1855	20h 0m	22° 23' 15" W
20/9/1855	2h 30m	22° 28' 39" W
20/9/1855	20h 0m	22° 22' 21" W
21/9/1855	2h 30m	22° 31' 16" W
21/9/1855	20h 0m	22° 22' 0" W
22/9/1855	2h 30m	22° 29' 39" W
22/9/1855	20h 0m	22° 23' 10" W
23/9/1855	2h 30m	22° 28' 7" W
23/9/1855	20h 0m	22° 22' 16" W
24/9/1855	2h 30m	22° 28' 42" W
24/9/1855	20h 0m	22° 22' 46" W
25/9/1855	2h 30m	22° 29' 6" W
25/9/1855	20h 0m	22° 22' 8" W
26/9/1855	2h 30m	22° 28' 50" W
26/9/1855	20h 0m	22° 28' 45" W
27/9/1855	2h 30m	22° 31' 27" W
27/9/1855	20h 0m	22° 28' 18" W
28/9/1855	2h 30m	22° 31' 0" W
28/9/1855	20h 0m	22° 23' 48" W
29/9/1855	2h 30m	22° 28' 31" W
29/9/1855	20h 0m	22° 22' 29" W
30/9/1855	2h 30m	22° 28' 45" W
30/9/1855	20h 0m	22° 23' 29" W
30/9/1855	22h 0m	22° 22' 27" W

Table S2. Inclination values measured by Mr. Rico Sinobas at ROM in 1855.

Date	Time (Local)	Inclination
1/9/1855	9h 0m	61° 18'
5/9/1855	15h 0m	61° 16'
8/9/1855	9h 0m	61° 20'
14/9/1855	9h 0m	61° 11'
17/9/1855	9h 0m	61° 18'
21/9/1855	15h 0m	61° 14'
29/9/1855	9h 0m	61° 22'

The original data published in Rico Sinobas (1856) are reproduced in Fig. S1 (declination) and Fig. S2 (inclination).

(a)

Observaciones de declinación magnética en Madrid durante el mes de setiembre de 1853.

ÉPOCAS.	Tiempo de Göttinga.	Lecturas en la escala del declinómetro.		Declinación magnética.			OBSERVACIONES.
Agosto 31	20 ^h Got.	201.0	201.0	22°	22'	27''	Apenas sensible el movimiento del declinómetro.
Setiem. 1	2 ^h 30'	193.2	193.0	22	29	39	Movimiento perceptible.
		192.7					
		193.5					
	1 20 ^h 0'	203.0	202.6	22	21	1	Movimiento lento.
		202.2					
		203.0					
	2 2 ^h 30'	191.2	191.5	22	31	0	
		192.0					
		191.0					
	2 20 ^h 0	201.0	201.3	22	22	10	Apenas perceptible el movimiento.
		201.7					
		201.0					
	3 2 ^h 30'	191.5	191.8	22	30	44	
		192.2					
		191.5					
	3 20 ^h 0'	201.5	201.7	22	21	49	
		202.0					
		201.5					
	4 2 ^h 30'	192.5	192.7	22	29	55	
		193.5					
		192.5					
	4 20 ^h 0'	200.5	200.8	22	22	38	Muy lento.
		201.2					
		200.2					
	5 2 ^h 30'	193.2	193.3	22	29	23	
		193.5					
		193.2					
	5 20 ^h 0'	201.5	201.7	22	21	49	
		202.0					
		201.5					
	6 2 ^h 30'	193.5	193.6	22	29	6	
		193.8					
		193.5					
	6 20 ^h 0'	200.5	201.0	22	22	27	
		201.5					
		200.7					
	7 2 ^h 30'	191.5	191.5	22	31	0	
	7 20 ^h 0'	200.5	202.1	22	21	28	Movimiento muy perceptible.
		203.8					
		200.2					
	8 2 ^h 30'	191.5	191.2	22	31	13	
		191.0					
		191.5					

(b)

Observaciones de declinacion magnética en Madrid durante el mes de setiembre de 1855.

ÉPOCAS.	Tiempo de Gottinga.	Lecturas en la escala del declinómetro.	Declinacion magnética.	OBSERVACIONES.		
Setiem.	8 20 ^h 0'	201.0	201.0	22° 22' 27''		
	9 2 ^h 30'	193.0	193.0	22 29 39		
	9 20 ^h 0'	{ 202.8 203.8 203.0 }	203.3	22 20 23		Mínima declinacion N. O. de setiembre.
	10 2 ^h 30'	193.0	193.0	22 29 39		
	10 20 ^h 0'	{ 202.8 203.8 202.8 }	203.0	22 20 39		Máxima declinacion N. O. de setiembre.
	11 2 ^h 30'	{ 188.5 188.2 188.5 }	188.3	22 33 53		
	11 20 ^h 0'	{ 202.0 201.5 202.2 }	201.8	22 21 44		Movimiento notable por su amplitud relativamente al observado en setiembre.
	12 2 ^h 30'	{ 190.8 191.8 190.8 }	191.3	22 29 11		
	12 20 ^h 0'	{ 201.5 203.5 202.0 }	202.6	22 21 1		
	13 2 ^h 30'	{ 191.5 193.0 191.5 }	192.2	22 30 22		
	13 20 ^h 0'	{ 202.2 201.2 202.4 }	201.7	22 21 49		
	14 2 ^h 30'	{ 192.8 193.2 192.8 }	193.0	22 29 39		
	14 20 ^h 9'	{ 206.0 199.2 206.0 }	202.6	22 21 6		
	15 2 ^h 30'	{ 192.5 192.0 192.5 }	192.2	22 30 22		
	15 20 ^h 0'	{ 202.2 200.0 202.5 }	201.2	22 22 16		
	16 2 ^h 30'	{ 190.0 192.0 189.8 }	190.9	22 31 32		

(c)

Observaciones de declinacion magnética en Madrid durante el mes de setiembre de 1855.

ÉPOCAS.	Tiempo de Gottinga.	Lecturas en la escala del declinómetro.	Declinacion magnética.	OBSERVACIONES.
Setiem. 16	20 ^h 0'	$\left. \begin{array}{l} 204.5 \\ 196.5 \\ 205.2 \end{array} \right\} 200.7$	22° 22' 43''	Movimiento oscilatorio notable.
17	2 ^h 30'	$\left. \begin{array}{l} 192.0 \\ 194.5 \\ 191.8 \end{array} \right\} 193.2$	22 29 28	
17	20 ^h 0'	$\left. \begin{array}{l} 200.2 \\ 203.5 \\ 200.0 \end{array} \right\} 201.8$	22 21 44	
18	2 ^h 30'	$\left. \begin{array}{l} 192.0 \\ 194.2 \\ 191.8 \end{array} \right\} 193.0$	22 29 39	
18	20 ^h 0'	$\left. \begin{array}{l} 201.5 \\ 203.2 \\ 201.7 \end{array} \right\} 202.8$	22 21 50	
19	2 ^h 30'	$\left. \begin{array}{l} 195.0 \\ 192.8 \\ 195.0 \end{array} \right\} 193.9$	22 28 50	
19	20 ^h 0'	$\left. \begin{array}{l} 199.5 \\ 200.7 \\ 199.5 \end{array} \right\} 200.1$	22 23 15	
20	2 ^h 30'	$\left. \begin{array}{l} 194.5 \\ 194.0 \\ 194.0 \end{array} \right\} 194.1$	22 28 39	
20	20 ^h 0'	$\left. \begin{array}{l} 201.2 \\ 201.0 \\ 201.2 \end{array} \right\} 201.1$	22 22 21	
21	2 ^h 30'	$\left. \begin{array}{l} 191.5 \\ 191.0 \\ 191.5 \end{array} \right\} 191.2$	22 31 16	
21	20 ^h 0'	$\left. \begin{array}{l} 200.7 \\ 202.0 \\ 200.8 \end{array} \right\} 201.5$	22 22 0	
22	2 ^h 30'	$\left. \begin{array}{l} 192.7 \\ 193.5 \\ 192.5 \end{array} \right\} 193.05$	22 29 39	
22	20 ^h 0'	$\left. \begin{array}{l} 200.2 \\ 194.5 \end{array} \right\} 200.2$	22 23 10	
23	2 ^h 30'	$\left. \begin{array}{l} 195.0 \\ 194.2 \end{array} \right\} 194.7$	22 28 7	
23	20 ^h 0'	$\left. \begin{array}{l} 201.2 \end{array} \right\} 201.2$	22 22 16	
24	2 ^h 30'	$\left. \begin{array}{l} 192.7 \\ 193.5 \\ 192.5 \end{array} \right\} 193.05$	22 28 42	

(d)

Observaciones de declinacion magnética en Madrid durante el mes de setiembre de 1855.

ÉPOCAS.	Tiempo de Göttinga.	Lecturas en la escala del declinómetro.	Declinacion magnética.	OBSERVACIONES.
Setiem. 24	20 ^h 0'	$\left. \begin{array}{l} 200.5 \\ 200.8 \\ 200.5 \end{array} \right\} 200.65$	22° 22' 46''	Período notable por su declinacion constante y máxima hacia el N. O.
25	2 ^h 30'	$\left. \begin{array}{l} 193.5 \\ 193.7 \\ 193.5 \end{array} \right\} 193.6$	22 29 6	
25	20 ^h 0'	$\left. \begin{array}{l} 201.5 \\ 201.2 \\ 201.5 \end{array} \right\} 201.35$	22 22 8	
26	2 ^h 30'	$\left. \begin{array}{l} 193.7 \\ 194.2 \\ 193.5 \end{array} \right\} 193.9$	22 28 50	
26	20 ^h 0'	$\left. \begin{array}{l} 194.2 \\ 193.8 \\ 194.2 \end{array} \right\} 194.0$	22 28 45	
27	2 ^h 30'	191.0	22 31 27	
27	20 ^h 0'	194.5	22 28 18	
28	2 ^h 30'	$\left. \begin{array}{l} 191.0 \\ 192.0 \\ 191.0 \end{array} \right\} 191.5$	22 31 0	
28	20 ^h 0'	$\left. \begin{array}{l} 196.0 \\ 202.0 \\ 196.2 \end{array} \right\} 199.5$	22 23 48	
29	2 ^h 30'	$\left. \begin{array}{l} 194.5 \\ 194.0 \\ 194.5 \end{array} \right\} 194.25$	22 28 31	
29	20 ^h 0'	$\left. \begin{array}{l} 200.7 \\ 201.2 \\ 200.7 \end{array} \right\} 200.95$	22 22 29	
30	2 ^h 30'	$\left. \begin{array}{l} 194.2 \\ 193.8 \\ 194.2 \end{array} \right\} 194.0$	22 28 45	
30	20 ^h 0'	$\left. \begin{array}{l} 199.5 \\ 200.2 \\ 199.5 \end{array} \right\} 199.85$	22 23 29	
30	22 ^h 0'	201.0	22 22 27	

Figure S1. Declination values measured by Mr. Rico Sinobas at ROM in 1855, as published in Rico Sinobas (1856). (© Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de España).

Observaciones de inclinación magnética en Madrid durante el mes de setiembre de 1855.

EPOCAS. — Setiembre de 1855.	Número de la brújula.	MARCA DE LA BRUJULA.								Inclinación media.
		ESTE. CIRCULO GRADUADO.				OESTE. CIRCULO GRADUADO.				
		Este.	Oeste.	Este.	Oeste.	Este.	Oeste.	Este.	Oeste.	
Setiembre 1.º á las 9 de la mañana....	1	61º 15'	10'	20'	10'	61º 22'	25'	20'	15'	61º 18'
Setiembre 5 á las 3 de la tarde.....	1	61	12	20	10	61	5	30	35	61 16
Setiembre 8 á las 9 de la mañana....	1	61	25	22	15	61	15	25	22	61 20
Setiembre 14 á las 9 de la mañana....	1	61	15	8	0	61	0	25	20	61 11
Setiembre 17 á las 3 de la mañana....	1	61	18	25	15	61	12	25	18	61 18
Setiembre 21 á las 3 de la tarde.....	1	61	5	18	5	61	12	30	25	61 14
Setiembre 29 á las 9 de la mañana....	1	61	30	15	28	61	10	28	20	61 22

Figure S2. Inclination values measured by Mr. Rico Sinobas at ROM in 1855, as published in Rico Sinobas (1856). (© Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de España).

S4 Compilation of declination measurements before 1855

Rico Sinobas (1856) also published a compilation of previous declination values determined in different locations of the Iberian Peninsula. The original data are reproduced in Fig. S3.

(a)

Observaciones anteriores de declinacion magnetica de que se tiene noticia.

REGIONES.	EPOCAS.	OBSERVADORES.	DECLINACION MAGNETICA.
A 2½° O. de la isla del Cuervo (Azores).	13 de set. 1492	Cristobal Colon	Isógona 0 (raya del almirante).
Al O. de las islas Azores.....	21 de mayo 1496	El mismo almirante	Isógona 0 (raya)

12

El descubrimiento de la isógona sin declinacion por Colon, segun Humboldt, ha tenido entre otras la notable influencia de haber sido el primer origen de los estudios sobre el magnetismo terrestre, y sobre la marcha misteriosa de las agujas magnéticas, ya se muevan estas por causa de la posiccion del Sol respecto de un punto de la tierra, bien las variaciones en el noroeste y noroeste se presenten como consecuencia del cambio de lugar de una misma aguja en la superficie de la tierra.

Las declinaciones magnéticas, segun el almirante, aumentan nortados conforme que los meridianos por donde se navega se separan de la raya.

(b)

Observaciones anteriores de declinación magnética de que se trata.

REGIONES.	EPOCAS.	OBSERVADORES.	DECLINACION MAGNETICA.
Paralelo de las Canarias y como á 100 leguas Oeste del Meridiano de las Azores.....	16 de agosto 1498	El mismo almirante	Isógona 0 (raya)
Cabo Finisterre (Galicia).....	1589	Wright	7° 40' N. E.
Lisboa.....	1638	El P. Martinus Conjetural	7° 39' N. E.
Costas Oeste de la Península.....	1665		Isógona 0°
Lisboa.....	1668	El P. Martinus Conjetural	0° 50' N. O.
Valencia.....	1669 á 1680		Isógona 0°
Lisboa.....	1683	El P. Martinus	30° 0' N. O.
Lisboa.....	1697	Couplet	4° 18' N. O.
Inmediaciones de las Baleares.....	1700	Marineros del Mediterraneo	Isógona 0°
Lisboa.....	1706	Noel	6° 30'
Valencia.....	1705 á 1710	El P. Tosca	5° 0'
Cádiz.....	1724	Fouilló	5° 25' N. O.
Gibraltar.....	1733	Buller	13° 38' id.
Cabo de Gata.....	1733	Buller	13° 56' id.
Cabo de San Vicente.....	1733	Buller	13 49 id.
Cabo de Santa Marta.....	1734	Buller	14 20 id.

Epoca mas próxima, durante la cual navegaban las agujas en la Península, segun las observaciones directas.

Observaciones anteriores de declinacion magnética de que se tiene noticia.

REGIONES.	EPOCAS.	OBSERVADORES.	DECLINACION MAGNÉTICA.
Madrid.....	1747	D. Antonio Ulloa	16° 30' N. O.
Gibraltar.....	1761	Ross	17 41 id.
Lisboa.....	1762	Ross	17 32 id.
Cadiz.....	1769	Fleurieu	17 15 id.
Cadiz.....	1771	Verdun	18 0 id.
Cadiz.....	1776	D. Antonio Ulloa	19 42 id.
Lisboa.....	1776	Borda	19 0 id.
Lisboa.....	1782	Lewenorn	19 51 id.
Madrid.....	1785	»	20 0 id.
Cadiz.....	1791	Lewenorn	21 56
Madrid.....	1799	Humboldt	22 2
Madrid.....	1804	Vallejo	21 30
Cadiz.....	1807	Givry	22 30
Lisboa.....	1814	Francini	22 45

Deducida por el error de orientacion en el edificio del Observatorio de Madrid.

Máxima de las observaciones directas en la Península, pero debió llegar á ser mayor la declinacion en 1815, en cuyo año la máxima de Londres fué 27° 18'.

Figure S3. Declination values compiled and published in Rico Sinobas (1856). (© Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de España).