

---

Alumna: Claudia Quero Padial

Tutor: Antoni Pons Güell

---

# La influència de l'activitat solar en el camp magnètic terrestre

---

## Presentació

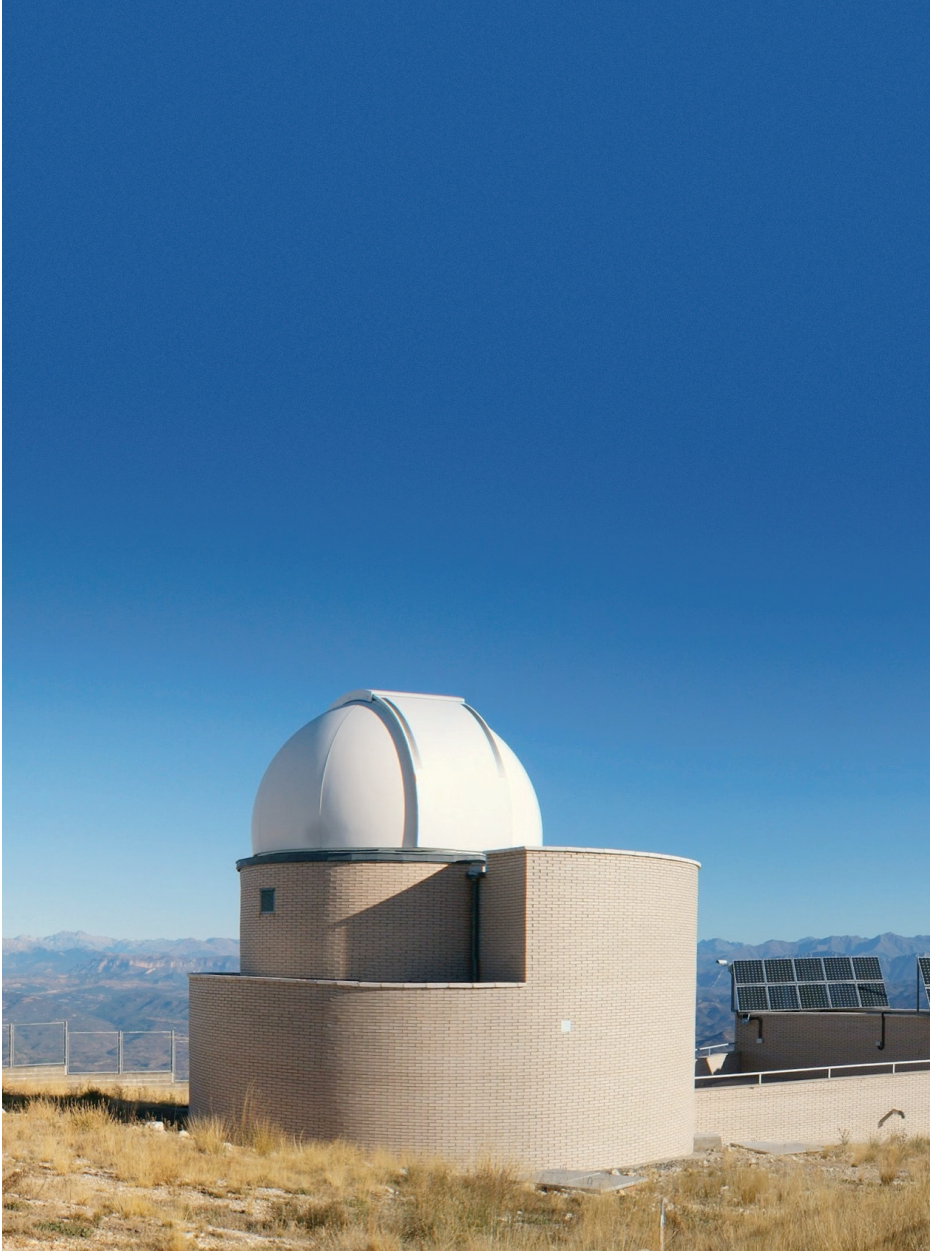
El nostre planeta té una dependència total del Sol. La vida, el clima i molts dels fenòmens que succeeixen a la Terra estan directament relacionats amb el que succeeix a l'estrella del nostre sistema planetari. Si aquesta estrella mor, el nostre planeta també. La influència del Sol en el nostre planeta és quelcom que hem de tenir molt en compte.

L'objectiu principal d'aquest treball és demostrar la relació de l'activitat solar en el camp magnètic terrestre.

Per poder aconseguir aquest objectiu s'ha fet un estudi de la relació dels indicadors índex K, raigs X emesos pel Sol i nombre de Wolf calculat, paràmetres de comparació de la influència de l'activitat solar en el magnetisme terrestre. També s'ha dut a terme una observació solar, al Parc Astronòmic del Montsec, per comprendre tot el procediment abans de calcular el nombre de Wolf.

Un cop hem tingut les dades extretes del NOAA, s'han fet uns gràfics comparant el nombre de Wolf calculat, els raigs X emesos pel Sol i l'índex K, factors clau per relacionar la causa-efecte d'aquesta activitat solar sobre el geomagnetisme. De forma visible, les aurores (boreals, australs) són un efecte d'aquesta influència.

---



---

Finalment s'ha arribat a l'objectiu esperat. Es conclou que l'activitat solar té una influència en el geomagnetisme, principalment quan el nombre de Wolf creix. També s'han pogut comparar dades puntuals que sobten per la manca de relació, com en tot experiment científic.

## **Metodologia**

### *Selecció d'observatoris*

S'ha fet una recerca d'informació visitant els observatoris que destacaven per realitzar observacions solars (fetes per amateurs o per professionals) i el seguiment del magnetisme terrestre. Seguidament s'han escollit els observatoris següents:

Parc Astronòmic del Montsec

Observatori de l'Ebre

Parc Astronòmic de Sabadell

Finalment es van seleccionar els observatoris del Parc Astronòmic del Montsec i l'Observatori d'Ebre, ja que els dos parcs tenien experts en observació solar i, a més, l'Observatori d'Ebre té experts en geomagnetisme.

### *Observació solar, condicions d'observació i instrumentació*

Segons Salvador J. Ribas, director del Parc Astronòmic del Montsec (PAM), la fotografia astronòmica solar està molt centrada i controlada per amateurs, és a dir, gent que no s'hi dedica professionalment però sí que ho fan per vocació durant el seu temps lliure.

Els telescopis necessaris per dur a terme l'observació solar no tenen perquè ser gaire grans i complexos, com poden ser els telescopis d'observació nocturna. Es pot utilitzar des d'un «coelostat», un aparell que consisteix en un mirall accionat per un motor que va rotant segons el moviment del Sol i que aquest és reflectit en un altre mirall per poder projectar la seva imatge, fins a un telescopi «Takahashi», d'un diàmetre de 152 mm i de 1216 mm de focus (FS-152 N). Són semblants als telescopis d'observació nocturna.

Conceptualment, és un sistema òptic però amb els miralls d'una mida més petita, ja que la llum que ens proporciona el Sol de dia és suficient. També és important que els telescopis tinguin sistemes que permetin tenir el màxim d'estabilitat possible.

Pel que fa a les condicions d'observació, és evident que hi ha d'haver un cel serè i s'ha de dur a terme l'observació a primera hora del matí, per evitar les turbulències causades per la calor en capturar la imatge.

### *Mètodes d'observació*

Hi ha dos mètodes principals. El primer mètode és utilitzant un filtre amb un telescopi a ull nu, el segon és utilitzant un sistema de projecció en el qual no hi ha un filtre, sinó que es condueix la llum i la imatge del telescopi cap a la pantalla on és projectada.

---

La utilitat principal dels filtres és per evitar cremades a la retina, i per obtenir imatges més ben detallades. Els filtres més utilitats són tres: el filtre de calci, el filtre d'hidrogen alfa i el filtre de llum blanca o integral. Cadascun d'ells té una funció diferent, en funció de si es vol observar més detalladament el Sol, o només els fenòmens més importants de la superfície.

### Extracció de dades experimentals

Primer de tot, s'ha realitzat una recerca de dades del nombre de Wolf, des del gener del 2007 fins a l'agost del 2017. A partir d'aquestes dades es determinen els dies amb més activitat solar de cada mes i es realitza el càlcul del nombre de Wolf dels dies seleccionats amb la imatge del Sol que proporciona el NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). També es fa una recerca d'altres índexs a comparar, com són l'índex K i els raigs X, i finalment es fa una taula de recollida de dades.

### Elaboració del càlcul del nombre de Wolf

El nombre de Wolf és un índex que indica la magnitud de l'activitat solar a partir del recompte de taques. S'ha fet una recerca de dades del nombre de Wolf des del gener del 2007 fins a l'agost del 2017.

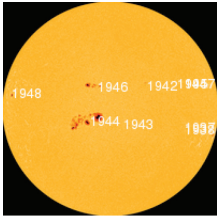
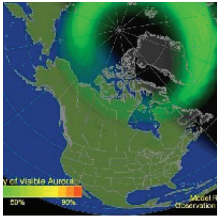
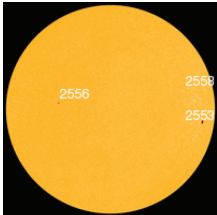
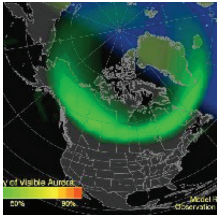
Aquesta és la seva fórmula:  $W = k(10g + f)$ , en la qual  $k$ : és una constant (0-1) que depèn de les condicions d'observació, és per aquesta raó que vaig utilitzar de valor d'1;  $g$ : és el nombre de grups de taques, i  $f$ : és el nombre de taques individuals.

### Exemple de les taules realitzades

Exemple de la taula elaborada per dur a terme els gràfics:

	INDEX K	SUNSPOT NUMBER (NOAA)	SUNSPOT NUMBER	Er	K	G	f	X-RAY SOLAR FLARES	Eq. X-RAY SOLAR FLARES
23/08/2017	5	97	74	23,7	1	4	34	C6	1,00E-04
15/07/2017	5	55	51	7,3	1	4	11	C5	1,00E-04
22/06/2017	5	42	40	4,8	1	3	10	B1	1,00E-06
22/05/2017	3	67	59	11,9	1	4	19	B1	1,00E-06
04/04/2017	5	97	74	23,7	1	4	34	M5	1,00E-04
02/03/2017	5	55	51	7,3	1	4	11	B1	1,00E-06
01/02/2017	5	42	40	4,8	1	3	10	B1	1,00E-06
22/01/2017	3	67	59	11,9	1	4	19	B2	1,00E-06
01/12/2016	2	75	57	24,0	1	3	27	B3	1,00E-06
13/11/2016	2	51	42	17,6	1	3	12	B1	1,00E-06
11/10/2016	3	64	57	10,9	1	3	27	B4	1,00E-06
01/09/2016	5	91	83	8,8	1	6	23	B5	1,00E-05
09/08/2016	5	91	92	1,1	1	6	32	C6	1,00E-04
16/07/2016	3	73	61	16,4	1	5	11	C6	1,00E-04
20/06/2016	1	48	36	25,0	1	3	6	B3	1,00E-06
15/05/2016	4	88	81	8,0	1	5	31	C5	1,00E-04
28/04/2016	2	86	84	2,3	1	6	24	C1	1,00E-05
05/03/2016	2	95	94	1,1	1	7	24	B4	1,00E-06
06/02/2016	3	113	100	11,5	1	7	30	C1	1,00E-05
10/01/2016	2	84	81	3,6	1	6	21	B4	1,00E-06
13/12/2016	3	89	84	5,6	1	7	14	C5	1,00E-04

Exemple de la taula elaborada per veure la influència visualment:

	FOTOGRAFIA SOLAR	SUNSPOT NUMBER	SUNSPOT NUMBER (NOAA)	X-RAY SOLAR FLARE (w·m <sup>2</sup> )	K INDEX (kp index)	AURORA BOREAL
07/01/2014 (dia amb molta activitat solar)		238	245	X1	3	
20/06/2016 (dia amb menys activitat solar)		36	48	B3	1	

### Cos del treball

En el mínim del cicle solar, el Sol té menys activitat, de manera que la Terra està més exposada als fluxos estables de la matèria i l'energia des de les regions polars del Sol i des de l'exterior del sistema solar. Aquests esdeveniments produeixen petits (però encara perillosos) efectes meteorològics espacials a la Terra, inclosos els de llarga durada de radiació i tempestes magnètiques recurrents. El Sol emet un vent de densitat baixa de matèria ionitzada (plasma) que flueix pel sistema solar. La Terra està protegida d'aquest vent solar per la seva magnetosfera. Tanmateix, el vent solar de vegades és més agressiu per les ejeccions de la massa coronal. Els camps de l'atmosfera es tornen inestables, per l'impacte d'aquestes partícules; això intensifica els corrents elèctrics que flueixen dins de la magnetosfera i causen tempestes magnètiques en la Terra. Un dels paràmetres que indica el grau d'aquestes tempestes geomagnètiques és l'índex K. Aquests canvis poden interrompre el funcionament de xarxes elèctriques, canonades de cablejat telefònic, ferrocarrils, senyalització, topografia magnètica i perforacions per a petroli i gas. A part, també poden

---

influir en la migració de les aus, ja que quan fa mal temps algunes aus es deixen guiar segons l'orientació del camp magnètic. Aquests corrents elèctrics que interaccionen amb la magnetosfera, també produeixen les aurores boreals i australs. Els electrons que formen part d'aquests corrents, interactuen amb els àtoms d'oxigen a la part superior de l'atmosfera i produeixen aquests fenòmens tan espectaculars. Les aurores, com les tempestes solars, tenen la capacitat de provocar problemes en la xarxa GPS, en satèl·lits, en les connexions de ràdio i, en cas que sigui una tempesta important, fins i tot en la xarxa elèctrica, com va ser el cas, per exemple, de la tempesta solar que el març del 1989 va deixar a les fosques tota la província del Quebec durant nou hores. Una gran explosió observada al Sol tres dies abans va acabar tenint efectes sobre la xarxa elèctrica d'aquesta regió del Canadà, que es va quedar totalment sense llum només en 90 segons. Aquest episodi serà recordat també perquè les aurores boreals que se'n van derivar es van arribar a veure en indrets tropicals com Cuba i Florida. L'última vegada que hi ha constància d'haver vist una aurora boreal a Catalunya va ser el gener del 1938, durant una tempesta solar que les va estendre per tot Europa.

Les tempestes magnètiques també escalfen l'atmosfera superior, canviant la seva densitat i composició, i interrompent les comunicacions de ràdio que passen per aquesta regió. Un exemple és el canvi de densitat de la ionosfera, capa de l'atmosfera on tenen lloc processos d'ionització, per posicions, utilitzant dades de correcció en senyal o utilitzant una «freqüència dual» que estimula directament la densitat, és a dir, s'interfereixen les tecnologies que funcionen per *wireless* i GPS. Aquestes tempestes també augmenten la quantitat de turbulències en la ionosfera, capa de l'atmosfera terrestre on es duen a terme els processos d'ionització, principalment en les regions polars i equatorials. Això provoca el centelleig de la ràdio i dels senyals dels satèl·lits. Efectivament, aquest efecte depèn de la qualitat del receptor, és a dir, de l'objecte que hi està sotmès. Els millors receptors (normalment els més cars) són els que fan un seguiment de ràdio més variable. Les tempestes magnètiques, causades pel vent solar que porta partícules que viatgen a altes velocitats cap a la Terra, són les més perilloses pel que fa als fenòmens meteorològics espacials, a causa de l'amenaça que representen per a les xarxes elèctriques i les altes tecnologies basades en ràdio, com ara la navegació per satèl·lit.

És per això que l'estudi de l'activitat solar, i la seva influència a la Terra, és un tema important en la investigació científica. En particular, s'estan estudiant noves tècniques d'observació desenvolupades principalment per científics que treballen a la missió STEREO de la NASA, per millorar la nostra capacitat de predir l'arribada de CME (Coronal Mass Ejeccion) a la Terra, conegudes com a raigs X, i proporcionar les millors advertències als operadors de xarxes elèctriques i a molts altres usuaris empresarials.

---

---

## **Conclusions**

S'ha pogut quantificar la intensitat de l'activitat solar mitjançant el càlcul del nombre de Wolf. La comparació d'aquesta dada amb altres paràmetres donats pel NOAA, com són l'índex K i els raigs X emesos pel Sol, m'ha permès comprovar la relació entre l'un i els altres i així he pogut arribar a demostrar un dels meus principals objectius.

Els resultats dels càlculs del nombre de Wolf era d'esperar que tinguessin un error relatiu considerable respecte a les dades oficials, tenint en compte les condicions en què s'han treballat, ja que hi ha un cert component de subjectivitat.

Tenir coneixement sobre l'activitat solar i la seva influència ens pot permetre idear sistemes de prevenció en el nostre planeta, i per tant en la tecnologia de la qual depenem cada dia.

---