

ESTUDI

DE

LES TAQUES

SOLARS

Índex

Introducció	3
• Història de l'observació solar	4
• Què és una taca solar?	7
• Què és el cicle solar?	7
• Com poden afectar les taques a la temperatura de la Terra?	8
Estudi de les taques Solars	9
• Obtenció de Dades	9
• Nombre de Wolf	11
• Taula de Valors	12
• Gràfic obtingut	13
• Gràfic obtingut i gràfic del Wolf internacional	14
• Conclusions	14
Evolució taca solar	15
• Conclusions	21
El nombre de Wolf i la Temperatura terrestre	22
• Gràfic Wolf mensual	22
• Gràfic Wolf anual	23
• Gràfic Temperatura mensual	24
• Gràfic Temperatura anual	25
• Gràfic Wolf i Temperatura anual	26
• Conclusions	27
Conclusions finals	29
Vocabulari específic	30
Bibliografia	31

Introducció

He escollit fer aquest treball ja que des de ben petit he tingut com a hobby observar la Lluna i altres estels per la nit. Sempre ha estat tradició familiar veure els eclipses solars, fins a l'extrem que vam a València només per veure'n un l'any 2006. Però mai hem parat molta atenció al Sol ja que només es poden observar les taques solars quan hi ha activitat solar.

Així que vaig plantejar fer el treball sobre el Sol perquè aprendria més coses sobre ell i faria un treball d'un tema que m'agrada.

Els objectius del treball plantejats són:

- Fer un estudi de les taques solars per saber-ne més sobre elles, consistirà en fotografiar el Sol diàriament i calcular-ne el seu nombre de Wolf. Després comparar-lo amb el Wolf internacional per poder veure si els resultats obtinguts són prou precisos.
- Estudiar la vida d'una taca solar per tal de veure com és la seva evolució al llarg del temps i analitzar les seves fases d'evolució.
- Comprovar si la radiació solar afecta a la temperatura mitjana terrestre i pot provocar un canvi climàtic mitjançant el nombre de Wolf (comprès entre 1880 fins el 2011).

Història de l'observació solar

Les primeres taques solars que els homes van datar van ser l'any 800 a.C. en el llibre de "Canvis" de l'antiga Xina. Només podien observar les taques a través d'un vidre i sense cap augment, pel qual només podien veure les taques de gran tamany.

En occident cap a l'any 350 a.C. Teofrasto d'Atenes, amic i deixeble de Aristòtil, va observar i fer comentaris sobre les taques solars, encara que no li van donar importància a les taques els altres filòsofs.

En l'edat mitjana l'església va classificar d'heretgia que el Sol estigués tacat i per això no es tenen documentats comentaris sobre les taques en aquella època.

Més tard Galileu Galilei (1564-1642) i Christopher Scheiner (1575-1650) amb l'ajuda del telescopi newtonià i Galileu amb el seu propi telescopi que va fabricar, van observar amb més detall les taques solars i van poder fer més de dos-cents dibuixos del Sol.



Dibuix del Sol fet per Galileu l'any 1613

L'any 1816 va néixer Rudolf Wolf qui va revolucionar l'estudi de les taques solars. Va poder reconstruir l'activitat solar aproximadament fins l'any 1700 amb dades d'altres observatoris, però com que no eren observacions rigoroses el seu valor és qualitatiu no quantitatiu. En 1848 Wolf va definir una equació que actualment es fa servir per fer estudis solars. Aquesta equació rep el nom de nombre de Wolf. Que s'expressa així:

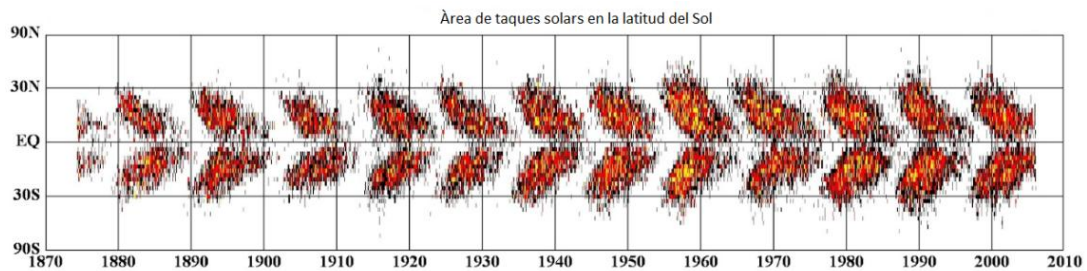
$$W = k(10G + F)$$

on k és una constant que s'utilitza per poder regular la qualitat de l'instrument que observa les taques, G és el grup de taques que hi ha en la superfície solar i F són els focus.

Amb aquest nombre donava un resultat més exacte de l'activitat solar que només utilitzant el recompte de taques en la superfície. Una altra aportació que va donar Wolf va ser una taula on classificava les taques segons la seva forma i tamany.

Posteriorment l'astrònom alemany Gustav Spörer (1822-1895) va arribar a la conclusió, després d'haver estudiat les taques, que no apareixen en tot el disc solar sinó que només en certes regions actives entre els 10 i 40 graus de cada hemisferi. Al principi del cicle solar les taques apareixen en latituds altes i després quan avança el cicle es van desplaçant cap a l'equador. Això es conegut com la llei de Spörer. Actualment s'utilitza per saber el inici i final d'un cicle solar.

En 1873 Edward Maunder va fer un programa diari de fotografies de les taques. Quan les va representar va veure la llei de Spörer en el anomenat diagrama de Maunder (conegut normalment com a diagrama papallona). Maunder és famós també pel mínim de l'activitat solar que es diu igual que ell. Va ser un període on pràcticament no va haver cap taca durant el temps de dos cicles aproximadament (22 anys).



Gràfic on es mostra en quina àrea dels paral·lels solars estan situades les taques

En 1955 Waldmeir publica una important monografia on destaca un gran nombre de contribucions com ara:

- L'estudi de la inclinació en la latitud dels grups de taques: la taca dominant del grup està més a prop de l'equador i a més aquesta inclinació augmenta amb la latitud i disminueix durant l'evolució del grup. (Llei de Joy)
- La caracterització cíclica del nombre de taques, l'establiment de relacions empíriques entre la forma de la corba de l'activitat i el valor del seu màxim. Amb aquest descobriment es pot fer actualment un model predictiu de l'activitat solar.
- L'esquema general del desplaçament propi de les taques després de l'aparició d'un grup.

Actualment el SIDC (Sunspot Index Data Center), ubicat en el Real Observatori de Bèlgica en Brussel·les, s'encarrega de la coordinació mundial del nombre de Wolf.

El SIDC es va fundar en 1981 per continuar fent estudis sobre les taques solars ja que abans s'encarregava l'observatori de Zürich però van deixar de fer-ho.

El SIDC es basa en la mitjana de tres observatoris: Locarno, Zurich i Arosa com models de referència.

Apart d'això, el SIDC rep mensualment els nombres de Wolf d'uns 30 i 40 col·laboradors dels quals a Espanya són quatre observatoris: El Observatori del Ebro (Catalunya), Javier Ruíz (Cantàbria), Jorge Luis del Rosario (Tenerife) i Salvador Lahuerta (València).

A més a més hi ha moltes altres institucions que elaboren les seves pròpies estadístiques, com ara la NOAA (moltes agrupacions astronòmiques) i la secció solar de la AAVSO.

A dia d'avui, el Sol s'estudia amb satèl·lits com l'Observatori Heliosfèric i Solar (SOHO) dotats amb instruments que permeten estudiar aspectes que fins ara no havia estat possible. Aquets satèl·lits incorporen a més dels telescopis convencionals coronògrafs, per analitzar la corona solar, telescopis ultraviolats, per detectar el camp magnètic i radiotelescopis que detecten diversos tipus de radiació.



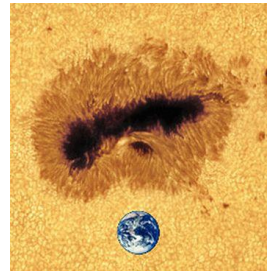
imatge virtual del satèl·lit SOHO un cop desplegat

A més de la missió SOHO de la NASA hi ha més missions que actualment estan investigant el Sol, com ara la missió STEREO (Solar Terrestrial Relations Observatory), un satèl·lit que està fent un estudi en 3D sobre l'estructura de les expulsions de massa solar. I també de la missió SORCE (Solar Radiation and Climate Experiment), satèl·lit que mesura els raigs x, ultraviolats i la radiació solar total que arriba al nostra planeta. Per veure si alguna d'aquestes radiacions provoca alteracions en la temperatura de la Terra.

Què és una taca solar?

Una taca solar és una regió del Sol amb una temperatura més baixa que el seu voltant i té una alta activitat magnètica. Una taca pot arribar a mesurar fins a 12.000km i els grups de taques poden mesurar més de 120.000km d'extensió o més. Encara s'està investigant l'origen de les taques solars, pel que es sap fins ara a sota seu es produeixen canvis en els pols magnètics. Apart les taques giren sobre si mateixes d'una forma semblant a un huracà terrestre.

El color fosc d'una taca és degut a un efecte de contrast de la diferència de temperatures ja que la temperatura de la superfície de la taca és molt més freda que la del seu voltant. Si es pogués posar només una taca a l'espai brillaria 50 vegades més que la Lluna plena.



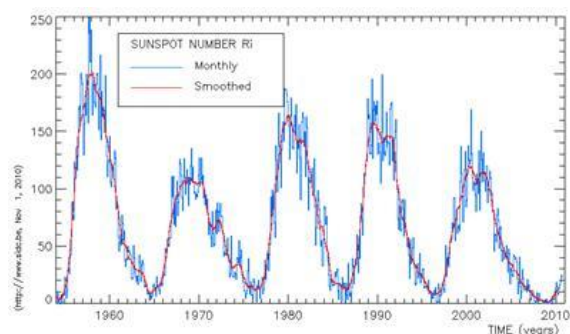
fotografia d'una taca solar

Què és el cicle solar i què té a veure amb el nombre de Wolf?

És un cicle d'onze anys on varia la quantitat de taques, ràfegues i protuberàncies solars. Encara no es compren del tot els fenòmens del cicle solar, semblen ser el resultat de les interaccions del camp magnètic del Sol amb la zona de convecció de les capes exteriors (superfície solar). A més a més aquestes interaccions es veuen afectades per la rotació solar ja que el Sol gira sobre si mateix un cop cada 27 dies en l'equador , però un cop cada 31 dies en els pols, és a dir gira més ràpid a l'equador que en els pols.

En el nombre de Wolf queden reflectits els cicles solars ja que tenen un màxim i un mínim. Cada cop que arriba al mínim comença un nou cicle. Els cicles es comptabilitzen de mínim a mínim.

Gràfic del nombre de Wolf mensual on es defineixen els cicles solars, cada cop que passa de mínim a mínim transcorren 11 anys



Com poden afectar les taques solars en la temperatura del planeta?

Les taques solars en si mateixes no poden afectar a la temperatura ja que la radiació que arriba del Sol és la mateixa havent-hi taques o no. En canvi, les ejeccions solars si poden afectar a la temperatura. Es produeixen quan hi ha taques i el que fan és expulsar del Sol grans quantitats de partícules microscòpiques (protons, electrons...) que arriben al nostre planeta amb gran velocitat. Per sort no arriben a la superfície ja que tenim un camp magnètic i l'atmosfera que ens protegeix d'elles.

També les tempestes solars (grans ejeccions de massa solar) poden afectar directament a la temperatura terrestre. Tot i que la radiació que desprèn una tempesta solar travessa el nostre camp magnètic i la nostra atmosfera. Per exemple el 1859 va haver una tempesta tant forta que va haver aurores boreals per Roma (Europa) i Hawaii, va sobrecarregar la línia del telègraf i provocà alguns incendis arreu del món.

El nombre de Wolf serveix per donar informació sobre com està d'actiu el Sol. Si el nombre és més elevat vol dir que hi ha més activitat i per tant més possibilitats de que hi hagi alguna ejecció solar. Si el cicle d'onze anys és molt actiu haurà moltes ejeccions solars i per tant poden influir en la temperatura de la Terra fent-la més calenta, i si al mínim del cicle hi ha poca activitat la temperatura tendirà a disminuir.

Per exemple en el mínim de Maunder, que va durar de 1645 fins a 1715, no va haver cap taca solar i la temperatura de la Terra va disminuir. Aquest període es denomina com " La petita edat de gel" ja que en tot el planeta va haver un hivern molt fred. Sobretot a Europa i Amèrica del nord.

Una altra teoria, proposada per Henrik Svensmark, sobre com pot la radiació solar fer variar la temperatura del planeta és que a l'espai hi ha una radiació còsmica que provoca que es generin núvols i si hi ha radiació solar fa que es desviï aquesta radiació còsmica fent que hi hagi menys núvols en el planeta, canviant així la temperatura mitjana.

Estudi de les Taques Solars mitjançant el nombre de Wolf

Aquesta part del treball consistirà en fer una foto diària del Sol per fer un seguiment de les taques solars i del nombre de Wolf. Més tard es farà una comparació del Wolf obtingut amb el Wolf internacional.

Material necessari

- Telescopi** (el utilitzat ha estat un Refractor Newtonià azimutal de focal 910mm i 114mm de diàmetre)
- Filtre solar de telescopi** (sinó no es podrà fer una fotografia directament)
- Càmera de vídeo** (la utilitzada ha estat una càmera digital compacta Sony Carl Zeiss de 7.2 megapíxels)
- Programa Registax** per poder renderitzar els vídeos i convertir-los en fotografies (versió utilitzada 6.1.0.8)



Jo amb el telescopi utilitzat

Procés d'obtenció de dades

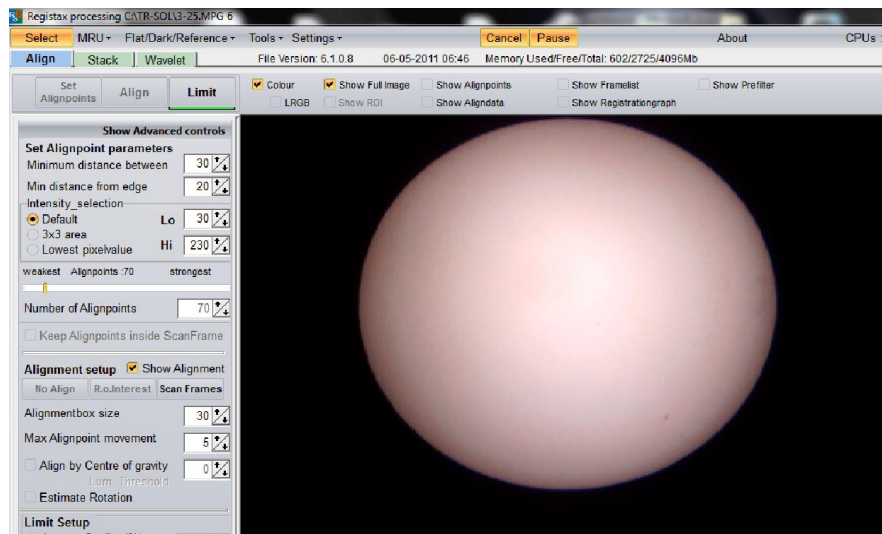
Per començar, en el meu cas s'ha de fer una foto diària del Sol cada dia a la mateixa hora ja que tinc un telescopi azimutal. La diferència entre telescopis azimutals i equatorials és que l'equatorial el seu eix de rotació està inclinat i compensa així l'eix d'inclinació de la terra i el azimutal es guia per un eix horitzontal i un vertical. Per això telescopis azimutals s'han de prendre totes les fotografies a la mateixa hora perquè no estiguin tortes ja que a cada hora canviarà l'eix d'inclinació del Sol i no es veuran les taques amb la mateixa inclinació.

Per obtenir la màxima qualitat possible a l'hora de fer el vídeo es recomana que es gravi durant aproximadament un minut, i que després només s'agafi la part del vídeo on hagi menys moviment i la imatge sigui la més nítida possible, no es recomana que duri més de deu segons ja que contra més moviment hi hagi quedarà més borrós i també amb deu segons hi ha prou per obtenir una bona imatge del Sol.

Un cop es tingui el vídeo s'executa a l'ordinador el programa Registax i es renderitza (normalment aquest procés no tarda més de dos minuts). Finalment s'obté la fotografia final.

(Totes les fotografies que s'han fet del Sol estan al CD d'annexos adjunt a aquest treball en l'apartat fotografies diàries)

El programa Registax el que fa és agafar tots els fotogrames del vídeo i els sobreposa per obtenir una imatge molt més nítida que si es fes una fotografia normal. Això es degut a les turbulències de l'atmosfera. Quan es fa una fotografia sempre haurà turbulències en canvi amb el Registax està dissenyat de manera que quan es fa un vídeo pot treure aquestes turbulències i fer la imatge més nítida.



captura de pantalla del programa Registax quan està fent la renderització d'un vídeo

Exemple del programa Registax amb un vídeo del Sol del dia 25/03/12.

Un Cop acabada la renderització s'obté un resultat com la imatge de la dreta. Com es pot comprovar es guanya molta nitidesa. Les taques situades a sota a l'esquerra en el vídeo tot just s'intueixen i en la imatge final es veu perfectament el seu contorn.

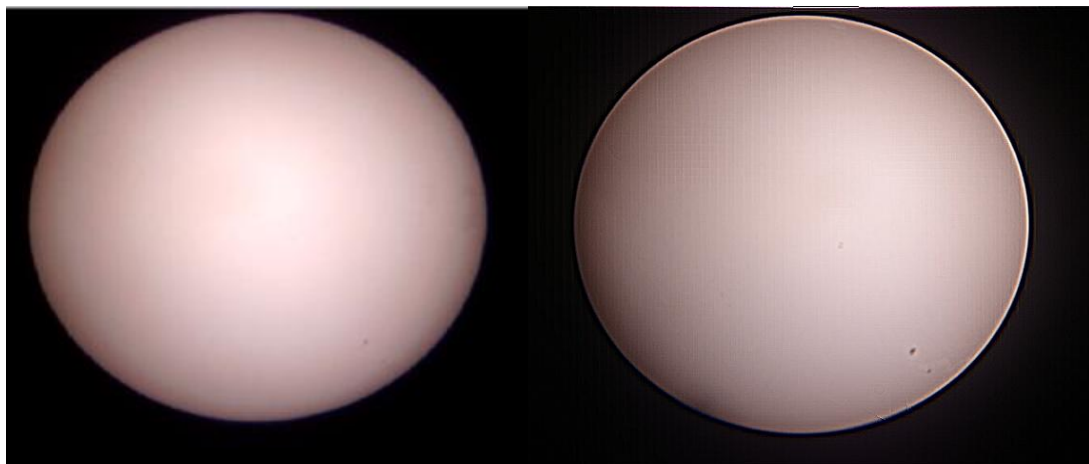


Foto del vídeo sense renderitzar

Foto del vídeo renderitzat per Registax

Nombre de Wolf

L'estudi de les taques solars es basa amb el famós nombre de Wolf que s'expressa així:

$Wolf = k(10G + F)$ on **k** és una constant (per les dades obtingudes val 1) que s'utilitza per poder regular la qualitat de l'instrument que observa les taques, **G** és el grup de taques que hi ha en la superfície solar i **F** són els focus.

En aquesta imatge de sota (la mateixa utilitzada a l'exemple per utilitzar el Registax) hi ha 3 grups de taques solars (marcats per circumferències vermelles) i 5 taques (marcades per circumferències verdes). Per saber el nombre de Wolf es calcularia d'aquesta manera:

$$W = k(10G + F) = 1 \cdot (10 \cdot 3 + 5) = 35$$

Per tant el Wolf resultant seria de 35.

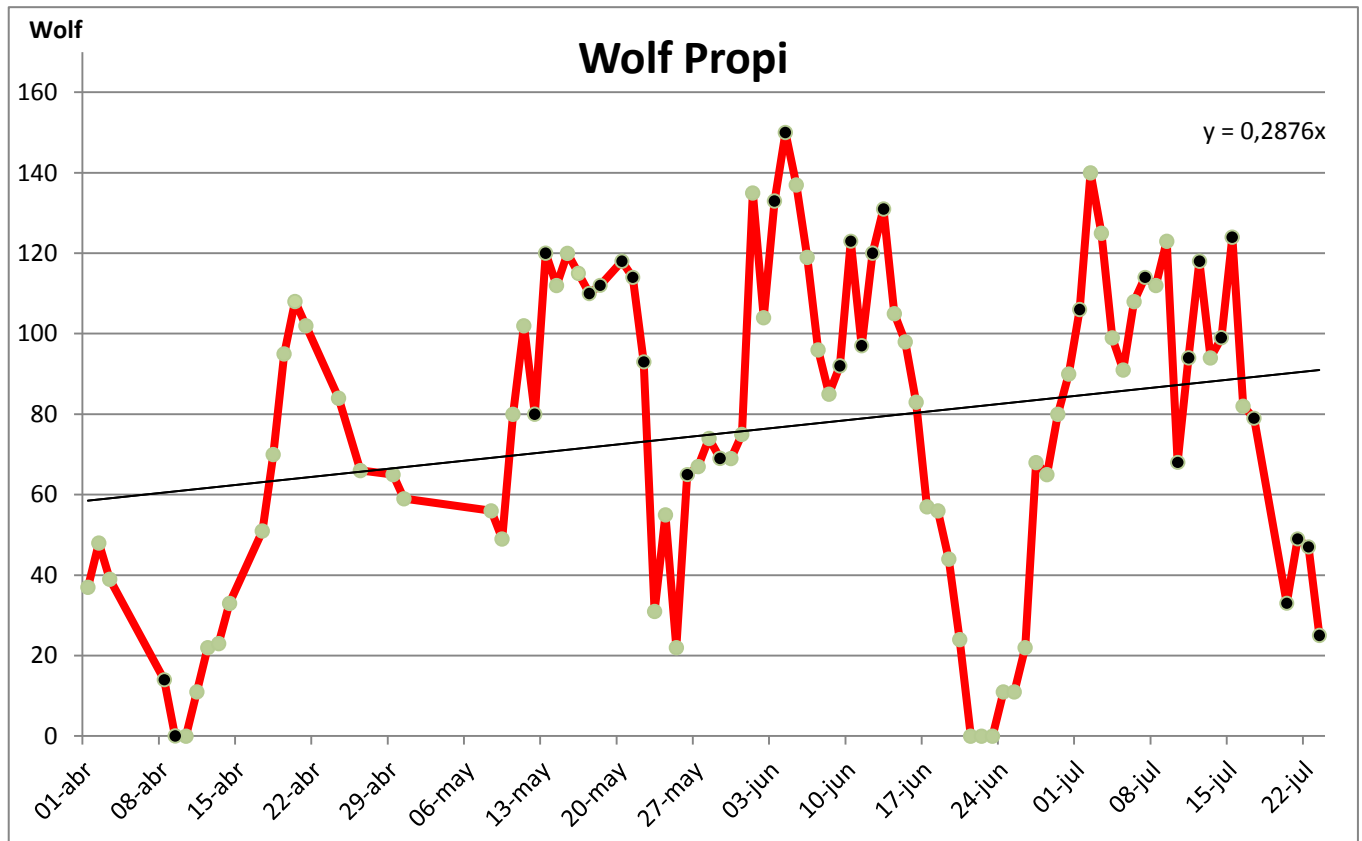


A continuació hi ha una taula de valors que mostra cada nombre de Wolf de cada fotografia diària feta del Sol. Alguns dies no ha sigut possible fer el calcul degut a que la web d'on es prenen les dades per el Wolf internacional no mostrava cap fotografia del Sol ni cap valor de Wolf i estava nubolat, pel que no es va poder obtenir cap imatge del Sol.

DIA	WOLF	DIA	WOLF	DIA	WOLF	DIA	WOLF
01-abril	37	12-maig	80	05-juny	137	28-juny	65
02-abril	48	13-maig	120	06-juny	119	29-juny	80
03-abril	39	14-maig	112	07-juny	96	30-juny	90
08-abril	14	15-maig	120	08-juny	85	01-juliol	106
09-abril	0	16-maig	115	09-juny	92	02-juliol	140
10-abril	0	17-maig	110	10-juny	123	03-juliol	125
11-abril	11	18-maig	112	11-juny	97	04-juliol	99
12-abril	22	20-maig	118	12-juny	120	05-juliol	91
13-abril	23	21-maig	114	13-juny	131	06-juliol	108
14-abril	33	22-maig	93	14-juny	105	07-juliol	114
17-abril	51	23-maig	31	15-juny	98	08-juliol	112
18-abril	70	24-maig	55	16-juny	83	09-juliol	123
19-abril	95	25-maig	22	17-juny	57	10-juliol	68
20-abril	108	26-maig	65	18-juny	56	11-juliol	94
21-abril	102	27-maig	67	19-juny	44	12-juliol	118
24-abril	84	28-maig	74	20-juny	24	13-juliol	94
26-abril	66	29-maig	69	21-juny	0	14-juliol	99
29-abril	65	30-maig	69	22-juny	0	15-juliol	124
30-abril	59	31-maig	75	23-juny	0	16-juliol	82
08-maig	56	01-juny	135	24-juny	11	17-juliol	79
09-maig	49	02-juny	104	25-juny	11	20-juliol	33
10-maig	80	03-juny	133	26-juny	22	21-juliol	49
11-maig	102	04-juny	150	27-juny	68	22-juliol	47
						23-juliol	25

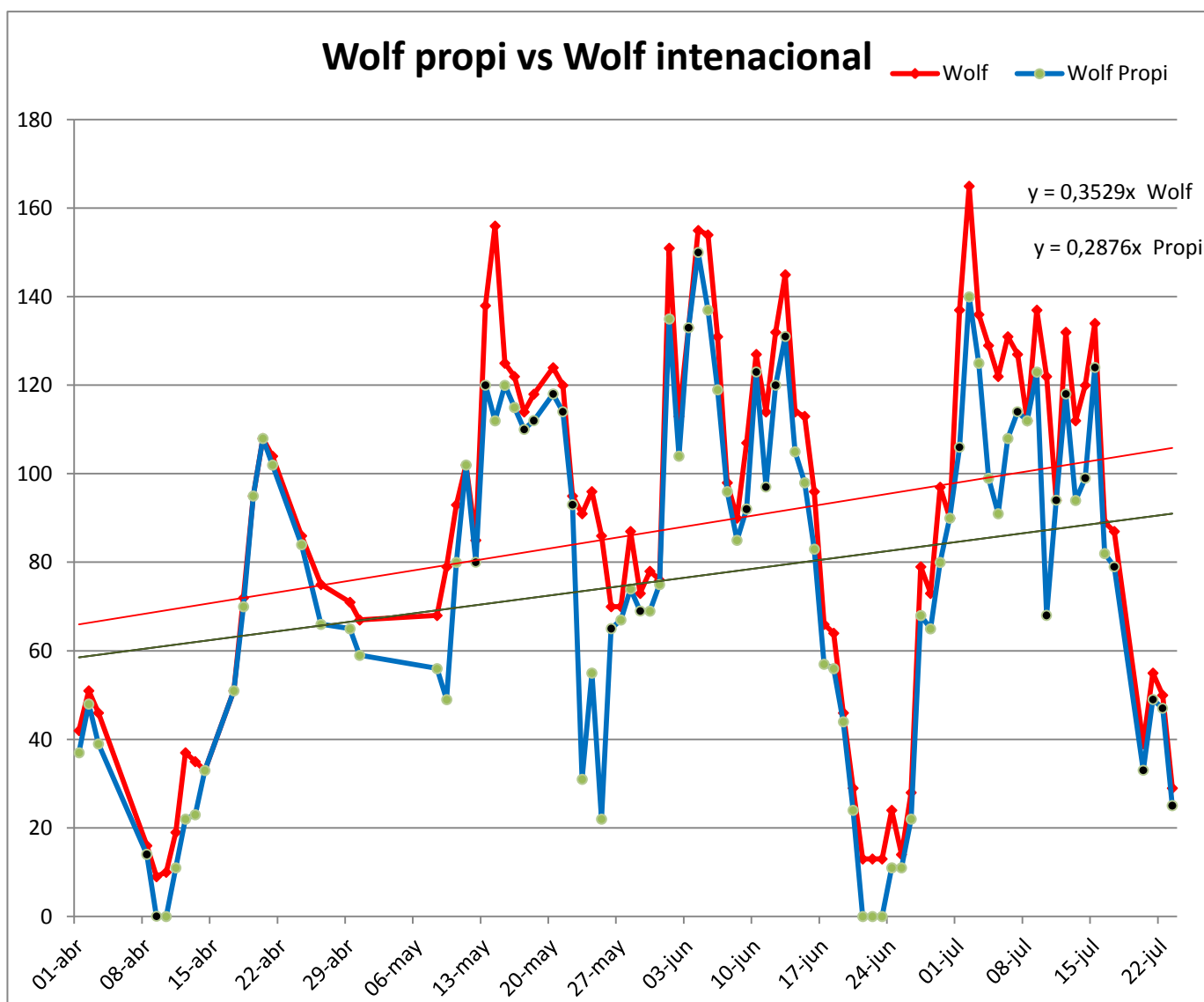
El dia on el Wolf va arribar al màxim en aquest període de tres mesos va ser el 5 de juny amb un Wolf de 137 i va arribar al mínim amb un Wolf de 0 els dies 21, 22 i 23 de juny i els dies 9 i 10 d'abril. La mitjana total del Wolf entre els tres mesos és de: 76,35

Amb la taula de valors anterior s'ha fet el gràfic següent que mostra com ha anat variant el nombre de Wolf enfront els dies. Els punts marcats amb negre del gràfic mostren que aquell dia la fotografia es va extreure de la pàgina web *Space Weather* ja que estava nuvolat. Per mantenir una mitjana semblant a la que donaria el telescopi, les fotografies estretes d'Internet es van descarregar en baixa resolució i no es van aplicar cap zoom per així no veure tantes taques.



En aquest gràfic es mostra el nombre diari de Wolf fet a partir de vídeos renderitzats amb el programa Registax. Els vídeos van ser fets a partir d'una càmera fotogràfica de 7.2 megapíxels digital mitjançant un telescopi refractor Newtonià de focal 910mm i diàmetre de 114mm.

Amb el gràfic obtingut s'ha fet el següent gràfic que compara el Wolf obtingut amb el Wolf internacional.



Es pot observar que són quasi idèntics, apart de alguns dies que ha hagut una variació més gran, segurament donada per errors propis en la precisió del nombre de taques i de grups i també degut a que el telescopi propi no es prou potent com per poder obtenir una resolució òptima de cada una de les taques.

Conclusions

Es pot dir que els resultats obtinguts són prou bons perquè el nombre de Wolf internacional sempre està per sobre o igual que el Wolf propi. Això vol dir que mai s'han vist més taques de les que hi ha i que el resultat és prou coherent sabent que el Wolf internacional l'obtenen del satèl·lit SOHO que proporciona una imatge d'alta qualitat envers el telescopi utilitzat de gamma baixa. Per tant, els resultats obtinguts són coherents amb els resultats que corresponen al Wolf internacional.

Evolució d'una taca solar

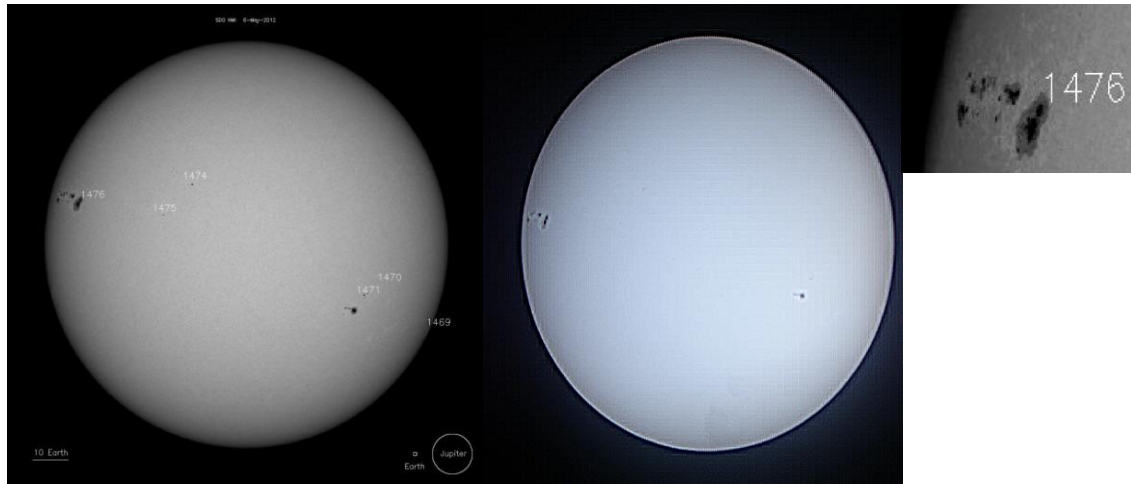
En aquest apartat es vol veure com és la vida d'una taca solar a partir de les fotografies fetes pel satèl·lit SOHO i del telescopi utilitzat pel seguiment del nombre de Wolf.

La taca escollida per veure la seva evolució al llarg dels dies ha estat la taca número 1476, es va veure per primer cop el dia 5 de maig del 2012.

El dia 5 de maig es divisa imparcialment una taca a l'oest del meridià solar de gran tamany (aproximadament dues vegades la superfície terrestre). La taca ve acompanyada amb una altra de menor tamany (a la seva esquerra). Totes dues formen un grup de taques solars.



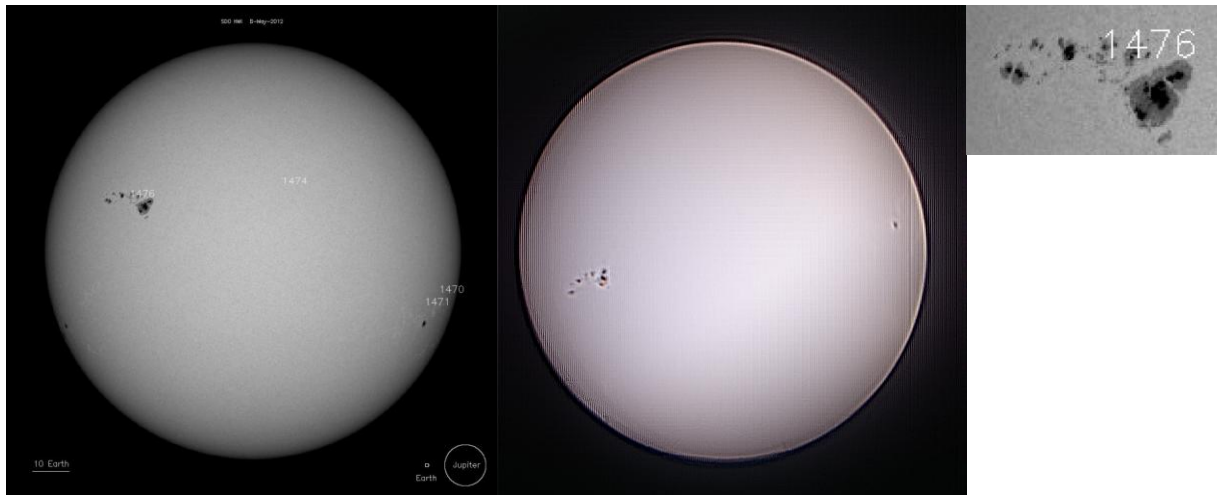
El dia 6 de maig la taca ja es veu completament i neixen petites taques al seu voltant formant un grup més gran del que hi havia. Les taques petites van darrere la taca gran com si fossin la seva cua.



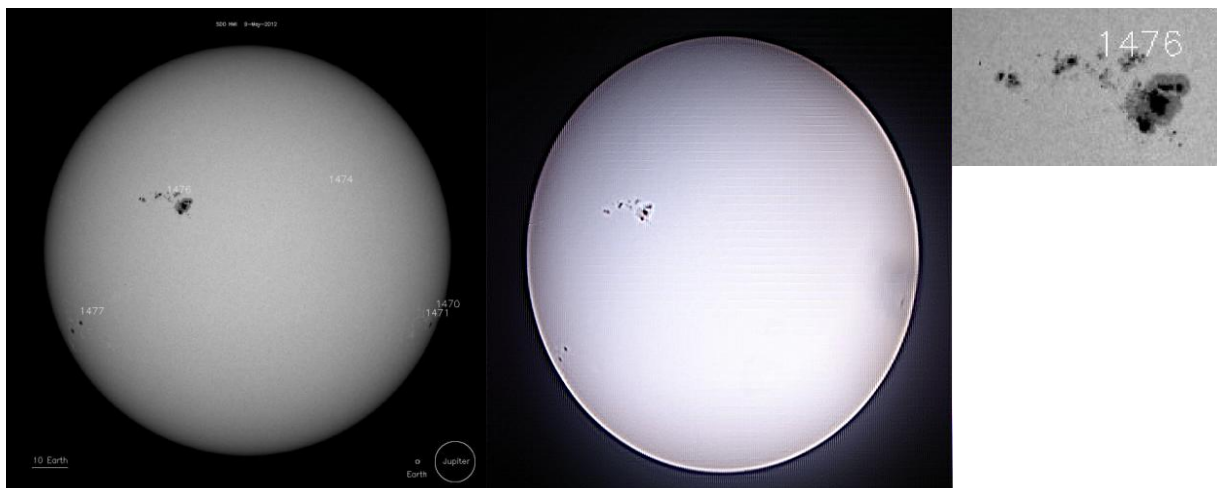
El dia 7 de maig la taca dominant es divideix en dos taques i les taques que l'acompanyaven també es divideixen en fragments molt més petits.



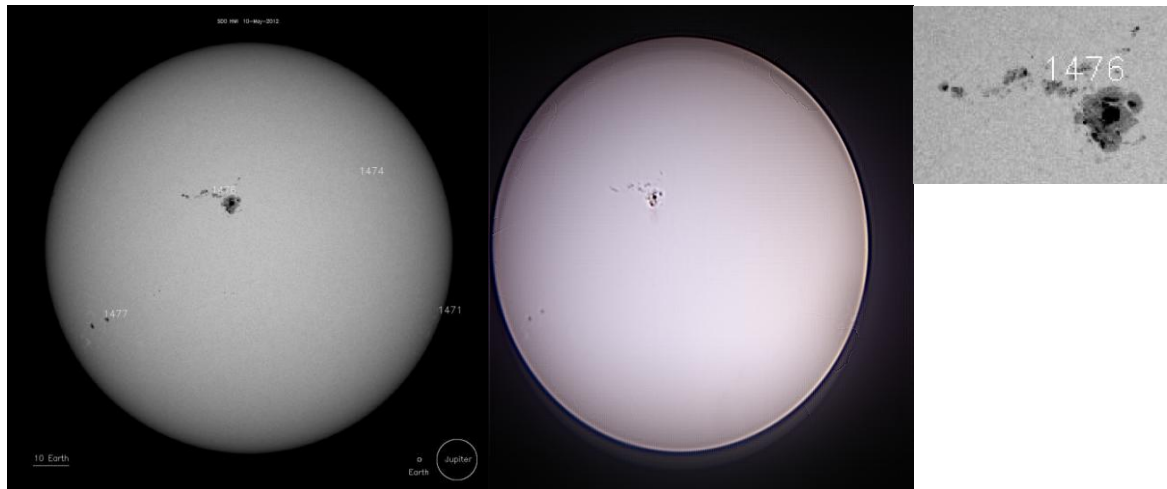
El dia 8 de maig una de les dues taques que abans formaven la taca dominant es divideix i ara el grup de taques queda dominat per tres taques principals. Les taques petites es continuen dividint i algunes comencen a desaparèixer.



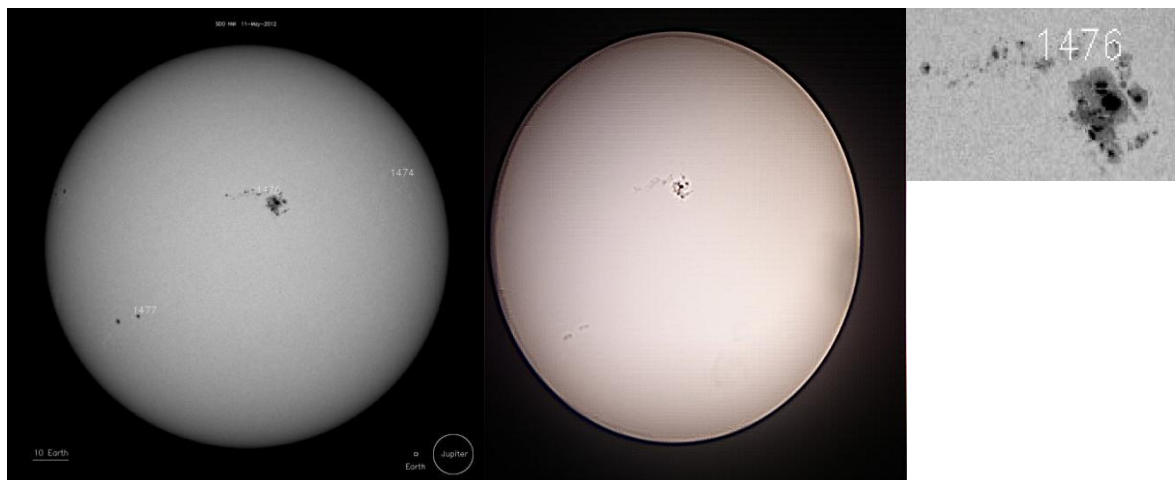
El dia 9 de maig el conjunt de taques és molt similar al del dia abans tot i que les taques petites es comencen a dispersar allunyant-se les unes de les altres i el conjunt de tres taques que formen la taca dominant es fa una mica més gran.



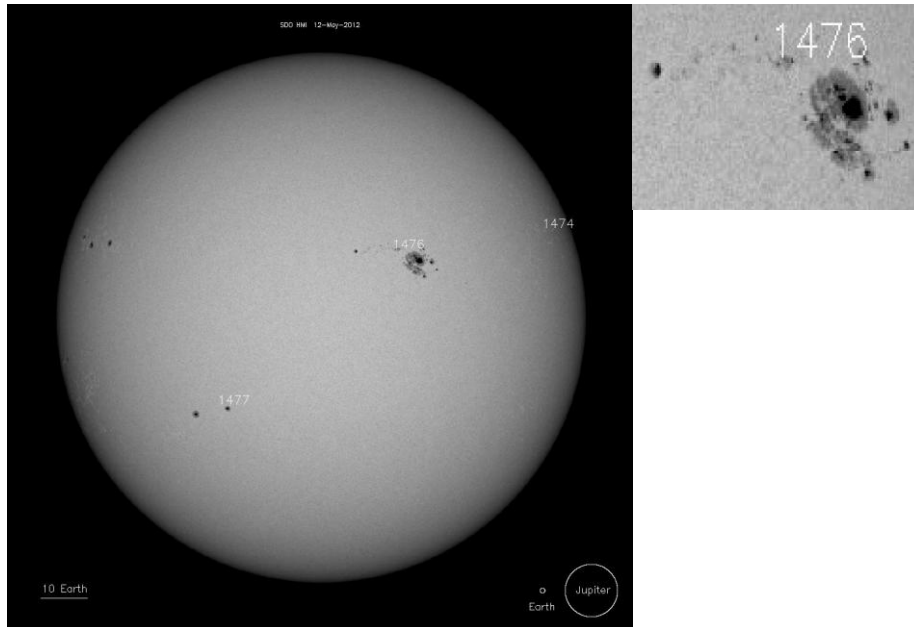
El dia 10 de maig el conjunt de les taques dominants continuen fragmentant-se fins arribar a ser unes 8 taques. Per altra banda, les taques petites es continuen dispersant-se fent una cua més llarga i també cada cop fent-se més petites.



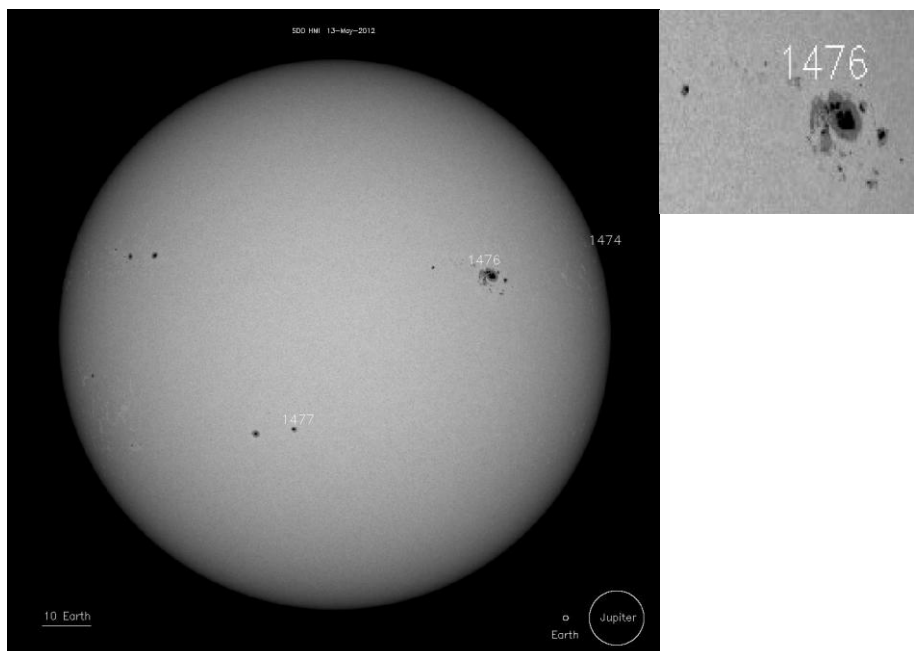
El dia 11 de maig continua el seu procés de fragmentació en el conjunt de la taca dominant que es divideix fins a 11 taques diferents. També en aquest dia arriba al màxim la extensió del grup de taques. Les taques que formen la cua ja són molt poques i molt petites.



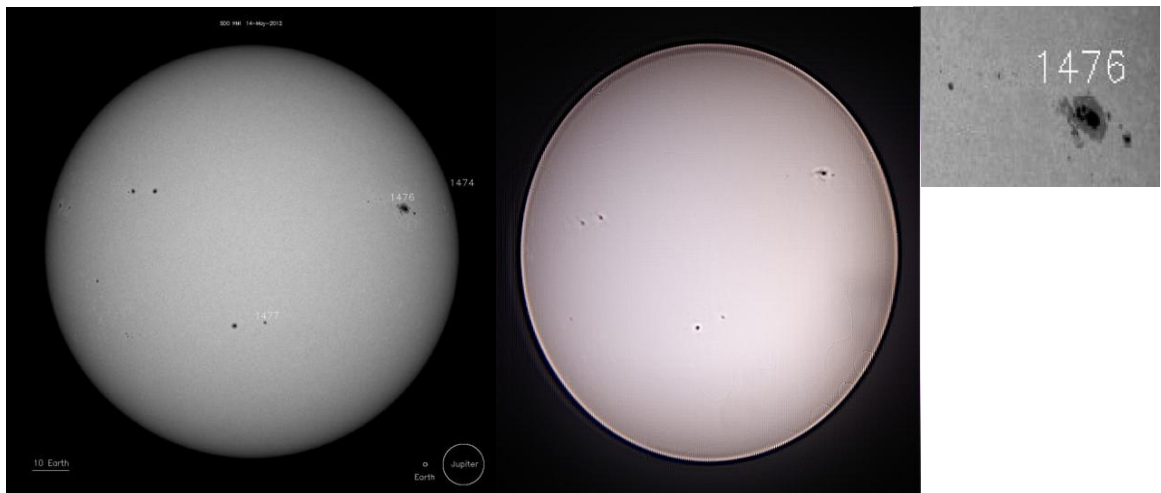
El dia 12 de maig el grup de taques que feia la cua ara són molt poques i de poc tamany i algunes taques que inicialment estaven en la taca dominant també desapareixen. (no hi ha foto pròpia perquè havien núvols que van impedir poder visualitzar el Sol).



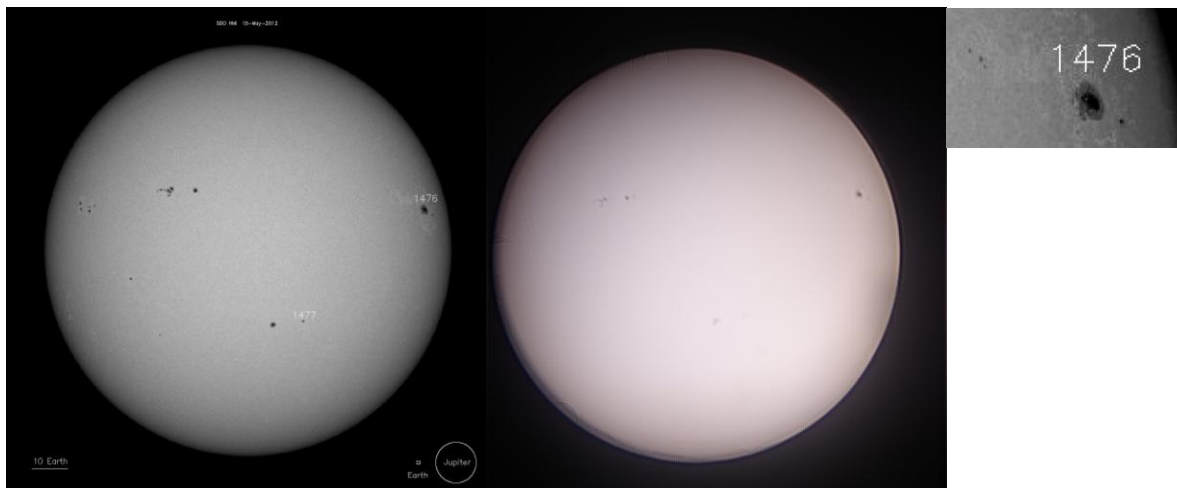
El dia 13 de maig només queden 7 taques de les quals només hi ha una gran i el grup de taques petites que seguien a la dominant desapareix. Tot i que queda una taca molt petita a la seva esquerra però ja està molt lluny del grup de les taques principals. (No es va poder fer la fotografia pròpia degut a que continuava havent núvols impeding la visibilitat solar.)



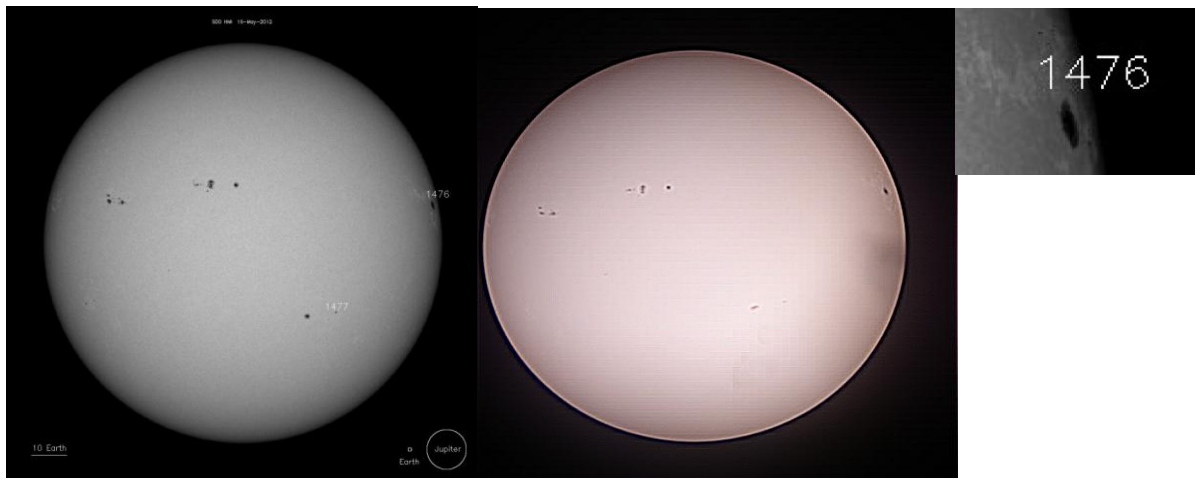
El dia 14 de maig moltes taques del grup dominant han desaparegut i només queden dues taques, la dominant i una molt petita que l'acompanya. El tamany de totes dues s'ha reduït respecte al dia anterior.



El dia 15 de maig totes les taques que formaven el grup han desaparegut menys una de gran tamany (aproximadament dos cops el tamany de la Terra). Com el primer dia que va ser observada.



El dia 16 de maig finalment la taca comença a perdre una mica de tamany i desapareix per l'est del Sol, on ja no es torna a veure perquè està a la cara oculta del Sol.



Conclusions:

Com s'ha pogut veure la taca va començar sent un grup de dues taques que amb el pas dels dies es van anar dividint formant un grup gran i amb una àmplia àrea, més tard totes les taques que formaven el grup van desaparèixer poc a poc fins que va quedar una única taca.

El dia 17 de maig ja no era visible aquesta taca perquè estava en l'altra cara del Sol, que no és visible amb els telescopis de que disposa la NASA i el telescopi particular fet per aquesta observació.

Es podria dir que la taca estudiada ha tingut una vida aproximada de més de 11 dies ja que apareix per l'oest i desapareix per l'est quan ja havia nascut. També segueix una rotació sobre un paral·lel solar en què tarda 11 dies en donar mitja volta al voltant del Sol.

Pel que es pot veure una taca de gran tamany pot viure molts dies i es generen petites taques al seu voltant quan va girant entorn al Sol. Això acostuma a passar en moltes taques de gran tamany tot i que sempre hi ha excepcions.

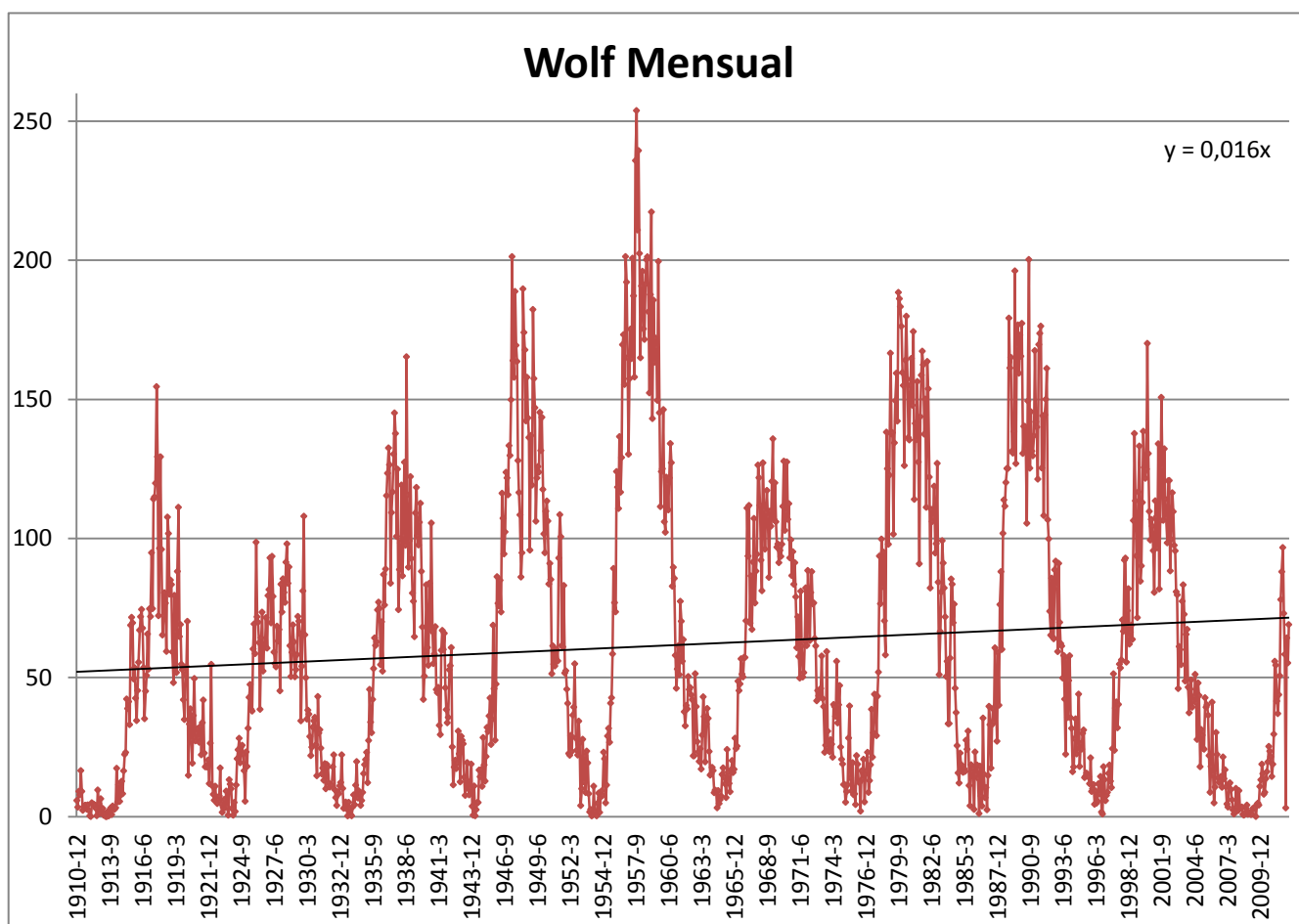
Actualment encara s'està investigant com neixen les taques i poder predir la seva evolució. Ja que és un fenomen que encara els astrònoms no coneixen del tot.

El nombre de Wolf i la temperatura terrestre

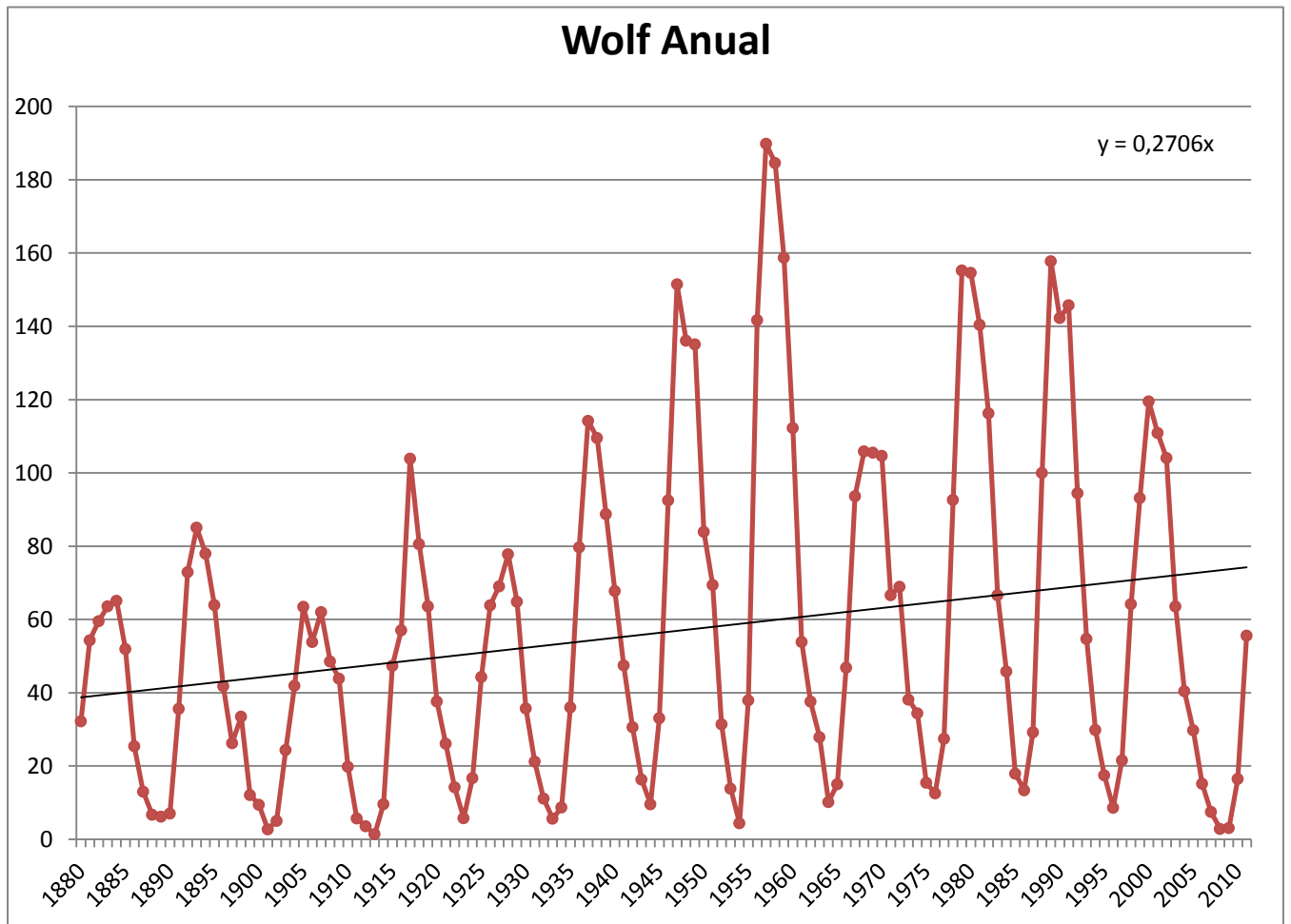
En aquest apartat és farà una recerca per intentar trobar alguna relació entre el nombre de Wolf i la temperatura mitjana del planeta. Per poder fer-ho s'han extret dades de la NASA ja que per poder veure si hi ha una relació es necessita un marge ampli de temps. Per això no s'han pogut extreure directament les dades utilitzades.

Primer de tot es farà un gràfic del nombre de Wolf amb les dades extretes i un de la temperatura mitjana terrestre per poder comparar-los.

A continuació es troba el gràfic mensual del nombre de Wolf extret de la web de la NASA "*Wolf Internacional de Bruceles*". Representa els mesos des de l'any 1880 fins el mes de maig del 2012. A partir d'aquest gràfic s'ha pogut fer un segon gràfic del Wolf internacional anualment perquè no són necessàries tantes dades per treballar.

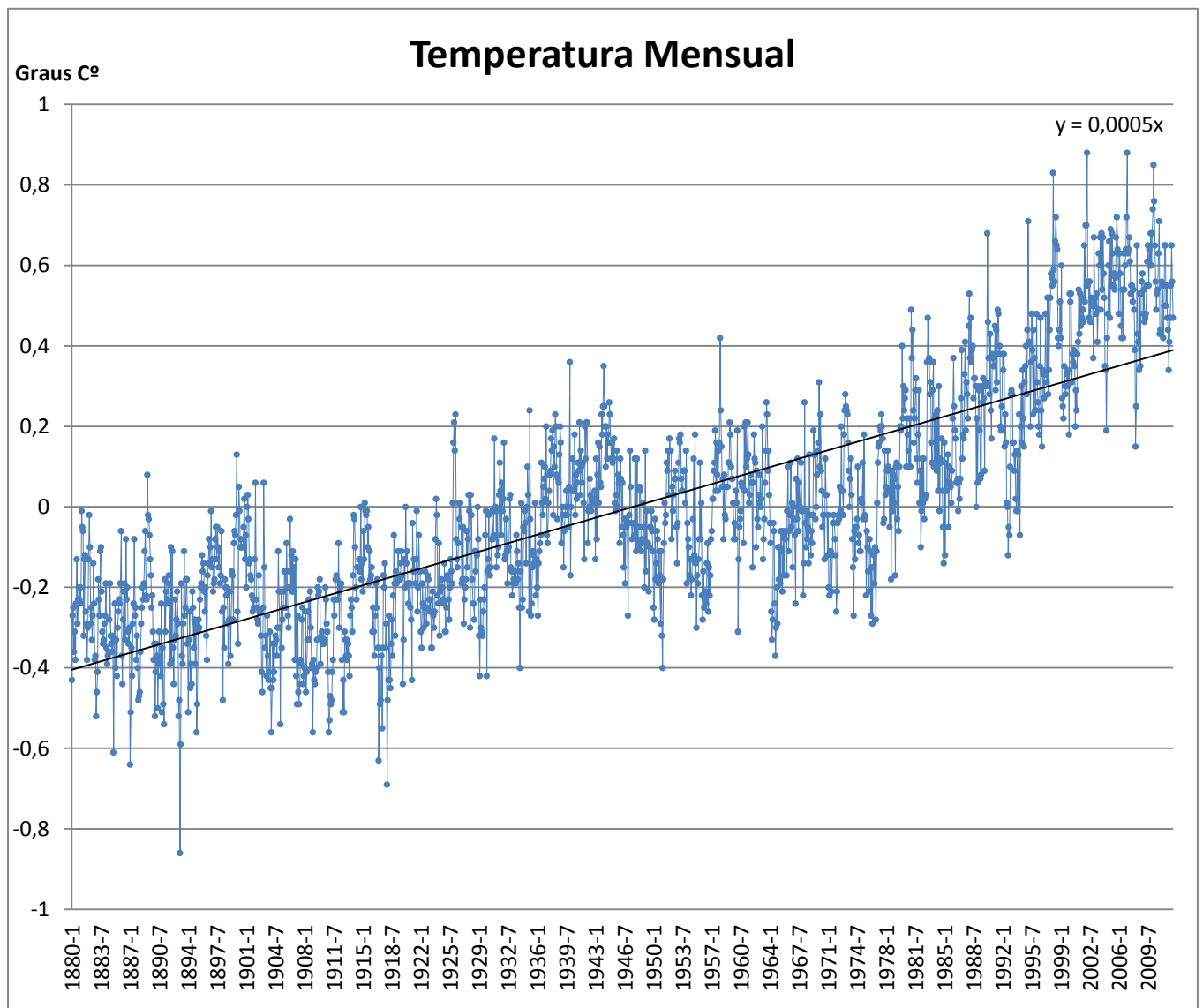


El gràfic a continuació és sobre el nombre de Wolf anual fet a partir del gràfic anterior per poder treballar millor les dades degut a que treballar amb tantes dades seria més difícil i tampoc influenciaria el nombre de Wolf amb la temperatura en un mes.



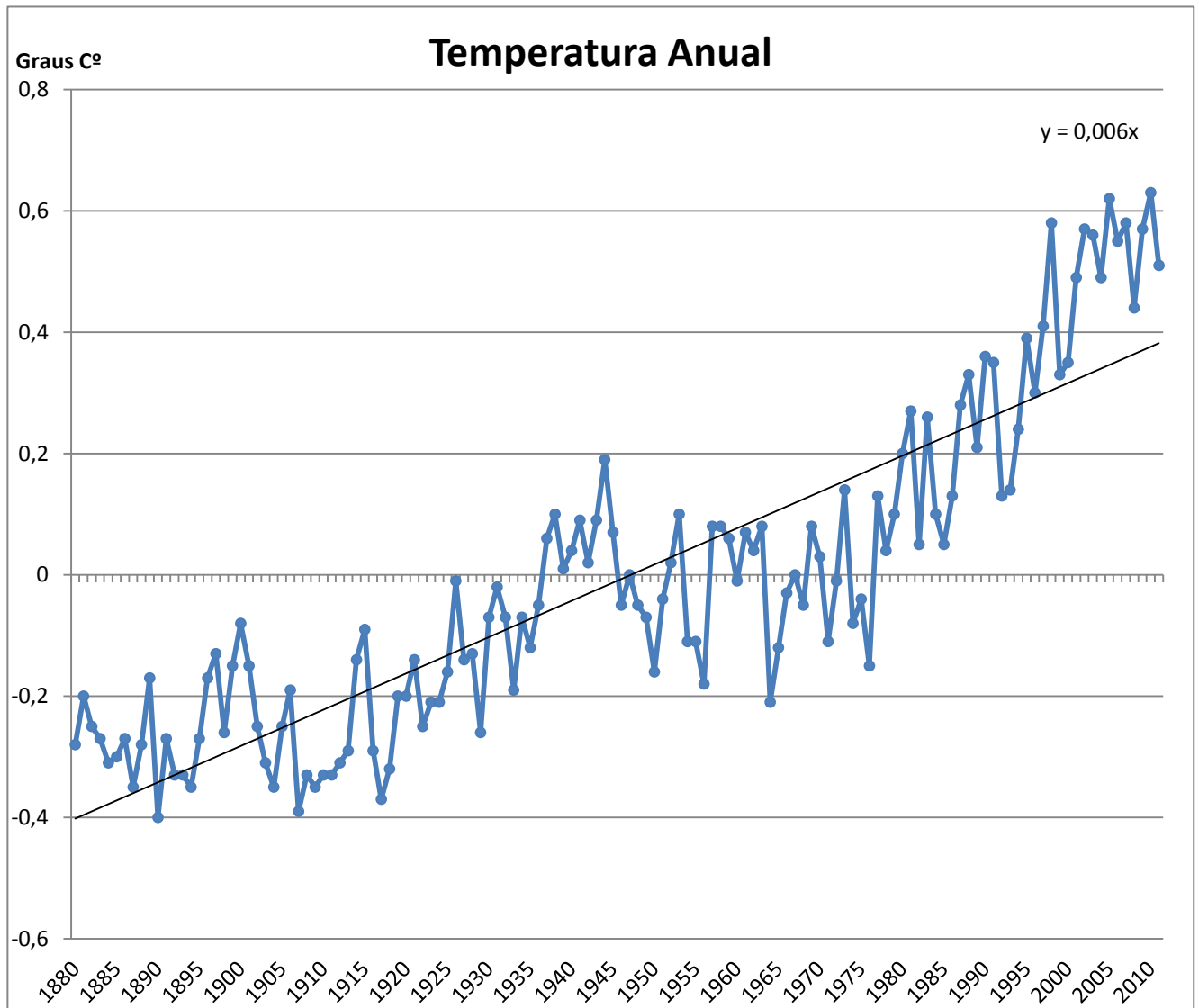
En el gràfic es veu clarament un període d'augment i disminució del nombre de Wolf cada 11 anys, que seria un cicle solar, cada 6 anys arriba al màxim i després de 6 anys més arriba al seu mínim. Pel que és observable el Wolf ha anat augmentant amb el pas dels anys i cada vegada a arribat a màxims més alts. Això vol dir que l'activitat solar ha estat augmentant durant aquests anys. Però, en els últims tres cicles han disminuït els seus màxims. El major màxim va estar l'any 1957 amb un Wolf de mitjana de 189,89.

El gràfic que es mostra a sota representa la temperatura mitjana mensual del planeta des de l'any 1880 fins juliol de l'any 2012. Les dades han estat extretes de la web de la NASA.



Es pot intuir amb aquestes dades que el gràfic fa una forma d'ona que puja i baixa en un o dos anys i que cada any va fent un salt més amunt en graus Celsius fins arribar a 0,47°C en l'agost de 2012. Durant els darrers anys hi ha hagut un augment en la temperatura mitjana que en total ha augmentat 0,0005°C per any.

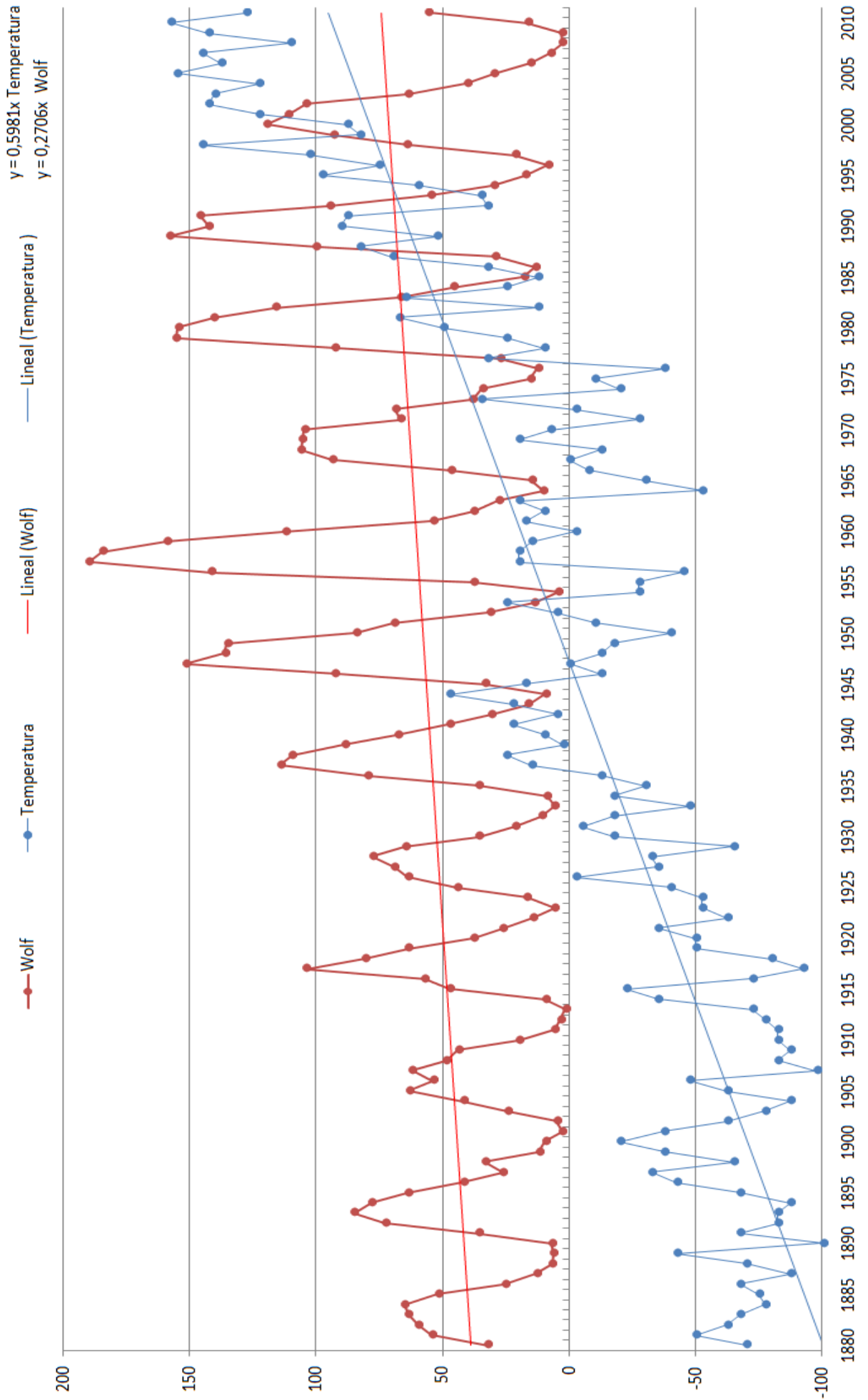
A partir del gràfic anterior s'ha fet aquest gràfic que mostra la temperatura anual mitjana del planeta per poder treballar millor les dades.



Es pot comprovar que en el darrers últims anys la temperatura ha augmentat més que al principi. La diferència de temperatura des de l'any 2008 fins el 2011 ha estat de 0,79°C i té un augment de mitjana bastant-se en les dades de 0,006°C per any.

Amb els dos gràfics anuals de la temperatura i del nombre de Wolf s'ha fet el gràfic següent on estan tots dos per poder veure si realment hi ha una relació directa.

Wolf Vs Temperatura Anual



El gràfic de la pàgina anterior es representa el nombre de Wolf i la temperatura mitjana del planeta anualment des de l'any 1880 fins l'any 2011 (La temperatura ha estat augmentada en 250 unitats per que es vegi una diferència més clara amb el nombre de Wolf). És difícil de trobar una relació directa entre l'augment del nombre de Wolf i la temperatura del planeta Terra, però el que si es observable és que quan l'any 1948 el nombre de Wolf va augmentar a 151 els següents períodes solars d'onze anys l'activitat va augmentar progressivament, i justament uns anys més tard la temperatura mitjana es va notar un augment més elevat que des de el que feia als anys 1890.

Conclusions del Wolf i la Temperatura

No es pot demostrar que hi ha una relació directa entre la temperatura i el nombre de Wolf ja que s'han de tenir en compte altres factors que poden fer variar la temperatura terrestre com ara: la pols interestel·lar que hi hagi entre la Terra i el Sol, l'estat de la capa d'ozó i de l'atmosfera terrestre...

Sí que es pot veure que tots dos tenen tendència a augmentar amb el pas del temps i com que la temperatura del nostre planeta no pot fer variar la quantitat de taques del Sol però si a l'inrevés potser sí que pot haver alguna relació però que alhora actüin altres factors i per això en el gràfic no es pot veure com influeix el nombre de Wolf directament en la temperatura.

En canvi sí que es té constància de que va haver una correlació entre el nombre de taques i la temperatura terrestre en el mínim de Maunder, en l'època medieval. Es va denominar d'aquesta manera ja que l'astrònom E.W.Maunder ho va descobrir.

Va ser un gran període de temps on els astrònoms de l'època només van observar unes 50 taques en 70 anys. Quan s'esperaven veure entre 40.000 i 50.000 taques en aquesta franja de temps.

La temperatura a la Terra va descendir tant que per exemple el riu Ebre, entre altres, es va gelar més de 7 cops. Sobretot a Europa i Amèrica del Nord van passar una "petita edat de gel" perquè van tenir uns hiverns molts freds. Fins i tot es tenen dades de que a Anglaterra va arribar a nevar durant el mes de juny i juliol.

Amb aquest mínim solar es podria corroborar la teoria de que les taques solars afecten a la temperatura terrestre d'alguna forma, potser no directament però podria ser que fessin alterar algun altre factor que fa que variï la temperatura terrestre.

Es necessitaria un estudi molt més ampli en quantitat d'anys sobre l'increment de la temperatura i del nombre de Wolf per poder afirmar s'hi ha una relació directa.

Encara s'haurà de esperar més temps per veure quina és l'evolució de la temperatura mitjana de la Terra i del nombre de Wolf ja que no es tenen dades precises sobre el nombre de Wolf per anys anteriors a 1880.

De la temperatura si es possible saber més dades gràcies a els tubs de gel dels pols terrestres. Mitjançant un trepant especial es pot extreure un tub de gel on es veuen les diferents fases de sedimentació del gel. A partir d'una mostra d'aigua es pot extreure la composició de l'aire i saber la temperatura d'aquell temps.

No obstant, és lògic pensar que el Sol afecta la temperatura terrestre ja que és ell qui escalfa el planeta, si allibera més energia calorífica escalfarà més que si n'allibera poca.

També és lògic pensar que la temperatura terrestre no pot modificar el nombre de taques però si les taques poden modificar la temperatura així que si hi ha un augment de taques i de temperatura poden estar relacionats.

En conclusió, sempre s'hauria de tenir en compte el Sol quan es diu que un altre factor aliè al Sol pot provocar un canvi climàtic.

Conclusions del Treball

Estic satisfet del meu treball perquè he assolit tots els objectius que m'havia plantejat. A més he pogut aprendre moltes més coses sobre el nostre astre.

Sobre l'objectiu de l'estudi del Sol amb el nombre de Wolf s'ha pogut aconseguir el resultat esperat perquè tots els resultats obtinguts coincideixen o s'aproximen molt als resultats del Wolf internacional. Per tant, es pot dir que la investigació feta és bona ja que coincideix amb els resultats esperats.

El següent objectiu, l'evolució d'una taca solar, s'ha pogut veure que sempre en les taques de gran tamany tenen la mateixa evolució i segueixen els mateixos processos. També s'ha comprovat que totes les taques giren d'oest a est i que cada cop que el cicle arriba al seu màxim tendeixen a néixer més a prop de l'equador.

L'últim objectiu, trobar una relació entre la radiació solar i la temperatura terrestre, no s'ha pogut trobar una relació directa però s'ha pogut trobar alguns indicis que corroboren aquesta teoria. Com l'exemple del mínim de Maunder. No obstant, s'ha pogut trobar que quan el nombre de Wolf tendeix a augmentar també ho fa la temperatura terrestre. I com que la temperatura terrestre no pot influenciar el nombre de Wolf vol dir que tots dos estan relacionats entre ells d'alguna forma.

Vocabulari específic:

Estel

És un cúmulo de matèria en estat de plasma que irradia llum, radiació i calor. A dins els àtoms es fusionen provocant una gran quantitat d'energia lumínica i calorífica.

Nombre de Wolf

Va ser introduït per Rudolf Wolf en 1848. El nombre de Wolf es basa en el recompte del nombre de taques solars i grups de taques visibles en la superfície del Sol. Actualment el nombre de Wolf és una mesura imprecisa per observar l'activitat solar, però obté l'avantatge de que es saben tots els nombres de Wolf diaris des de l'època de Galileu. I amb això es pot reconstruir quina era l'activitat solar des de aquell temps.

Es calcula $W = K(10G + f)$ on K es una constant que s'assigna a cada observador tenint en compte amb quin instrument està observant el sol. G és un grup de taques, una taca compta com un grup, i f són els focus de taques que hi ha en la superfície solar en aquell moment.

Flamarada Solar

Ràpida alliberació d'energia d'una regió específica en el Sol en forma de radiació electromagnètica, partícules energètiques i moviments de massa que viatja per l'espai. Quan aquesta radiació arriba al nostre planeta es formen les conegudes aurores boreals

Tempesta Solar

És un fenomen produït degut a l'alliberació de grans quantitats d'energia en la superfície solar, provocant grans explosions que fan que un gas solar s'escalfi a elevades temperatures i s'expulsin grans quantitats de partícules per l'espai a gran velocitat.

Aurores Boreals

Es produeixen quan una ejecció de massa solar xoca amb els pols nord i sud de la magnetosfera terrestre, produint una llum projectada en la ionosfera terrestre. Això succeeix quan partícules carregades (protons i electrons) són desviades pel camp magnètic de la Terra i incideixen en l'atmosfera per la zona dels pols. Quan aquestes partícules xoquen amb els àtoms i molècules d'oxigen i nitrogen alliberen una energia en forma lumínica que provoca una llum visible d'uns colors verdosos.

Radiació electromagnètica

Radiació que viatja per l'espai a la velocitat de la llum i es propaga per la interacció de camps elèctrics i magnètics.

Bibliografia:

National Geographic Espanya. *Super Tormentas Solares*, juliol 2012

RONAN, Colin A. *Los amantes de la Astronomia*. Barcelona. Editorial Blume edició 1982

MOORE, Patrick. *Astronomica*. Editorial h.fullmann

<http://www.astropractica.org/tem1/asolar/asolar.htm>

<http://sidc.oma.be/html/sunspot.html>

<http://spaceweather.com/glossary/sunspotnumber.html>

<http://solarham.com/>

<http://www.parhelio.com/articulos/artichistoria.html>

<http://www.parhelio.com/wolf.html>

http://sohowww.nascom.nasa.gov/data/synoptic/sunspots_earth/

http://sdowww.lmsal.com/suntoday/index.html?suntoday_date=2010-06-08

<http://sdo.gsfc.nasa.gov/data/>

http://data.giss.nasa.gov/gistemp/tabledata_v3/GLB.Ts+dSST.txt

<http://www.swpc.noaa.gov/ftpdir/weekly/RecentIndices.txt>

<http://www.astromia.com/glosario/ciclosolar.htm>

<http://www.astromia.com/solar/sol.htm>

<http://universo.iaa.es/php/228-Efectos-de-las-manchas-solares-en-el-clima-terrestre-campo-electromagnetico-de-la-Tierra.htm>

<http://www.biografiasyvidas.com/monografia/galileo/fotos8.htm>

<http://comunidadastronomicachile.blogspot.com.es/2012/03/que-es-el-ciclo-solar.html>

http://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%ADnimo_de_Maunder

http://es.wikipedia.org/wiki/Peque%C3%B1a_Edad_de_Hielo

<http://www.astronomie.be/registax/>