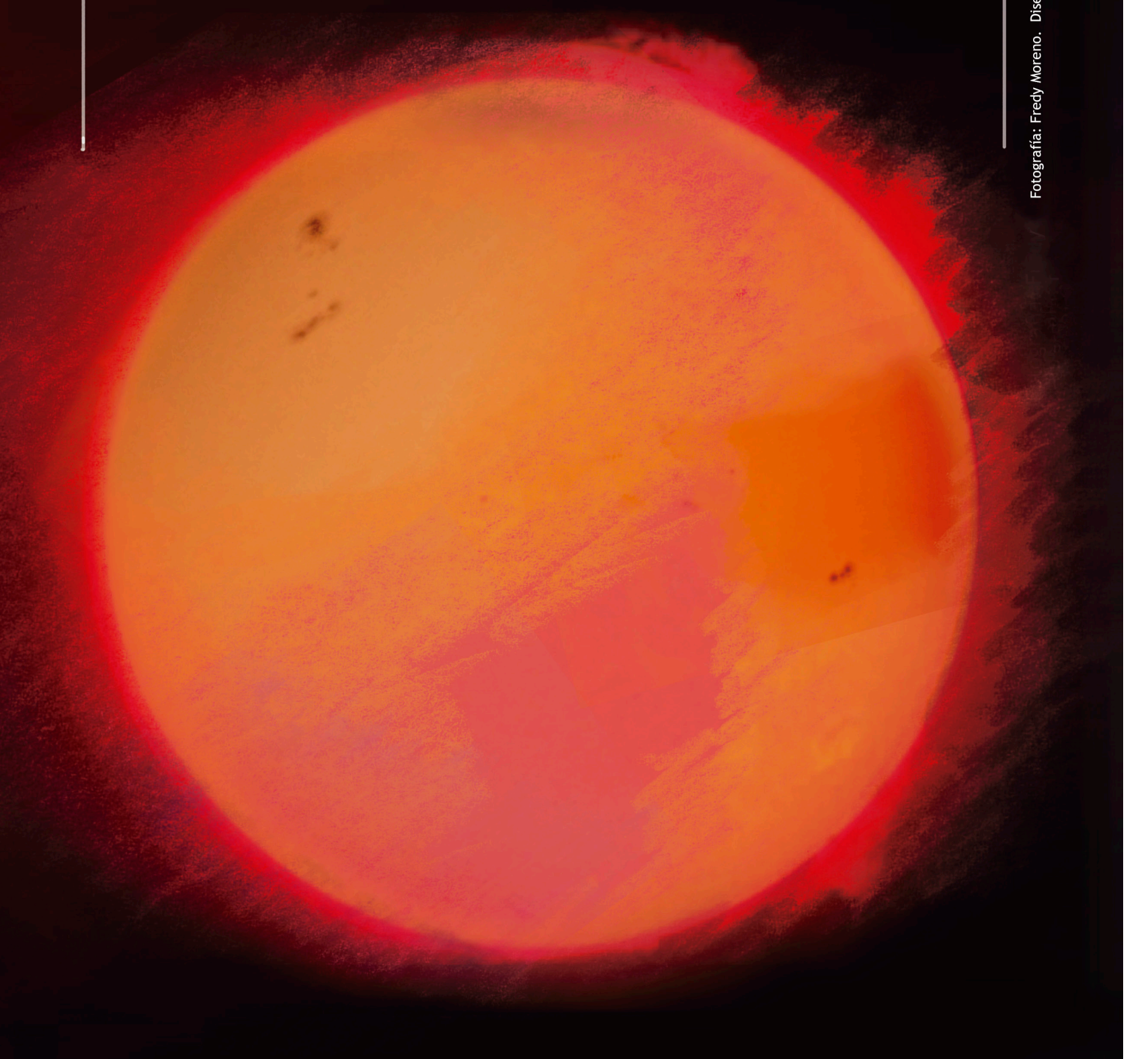


# MÁXIMO SOLAR

## DEL CICLO # 24

Fotografía: Fredy Moreno. Diseño: Gimnasio Campestre



# Evolución del ciclo solar N° 24 durante los años 2014 y 2015

Santiago Abril<sup>1</sup>; José María Escovar<sup>1</sup>; David Llano<sup>1</sup>; Juan José Mejía<sup>1</sup>; Gabriel Yepes<sup>1</sup>; Juan José Uribe<sup>1</sup>; Stefan Libos<sup>2</sup>; Santiago Ramírez<sup>2</sup>; Leopoldo Santamaría<sup>2</sup>; Fredy Moreno<sup>3</sup>; Sussy Guevara<sup>4</sup>.

1. Estudiantes de 8°, Gimnasio Campestre; 2. Estudiantes de 9°, Gimnasio Campestre. 3. Director Centro de Estudios Astrofísicos, Gimnasio Campestre; 4. Docente investigador, Centro de Estudios en Ecología

Correspondencia para los autores: ceaf@campestre.edu.co

Recibido: 1 de marzo de 2017

Aprobado: 22 de abril de 2017

## RESUMEN

El ciclo solar N° 24 alcanzó el primer pico del máximo solar en octubre de 2011. Las observaciones realizadas en el visual y en H alfa mostraron que el segundo pico sucedió en mayo de 2014, cuando el valor del Número de Wolf alcanzó un valor de 124.9. El desarrollo del ciclo mostró que tiene características muy similares a los ciclos 12 y 16. Un análisis de las latitudes donde emergieron las regiones más activas del periodo 2014-2015 mostró un predominio del hemisferio sur. El evento más importante de este periodo fue la aparición de la región AR12192, observada entre el 17 y el 30 de octubre de 2014. Esta fue la región más extensa en 25 años y mostró características disímiles a otras grandes regiones.

**Palabras clave:** Ciclo Solar N° 24, región activa, destellos, asimetría norte-sur, AR12192.

## SUMMARY

The solar cycle N° 24 reached the first peak of the solar maximum in October 2011. Observations made in the visual and in H alpha showed that the second peak occurred on May 2014 reaching a Wolf Number of 124.9. The way in which the cycle has been developing shows that it has very similar characteristics to cycles 12 and 16. An analysis of the latitudes where the most active regions during the period 2014-2015 emerged showed a predominance of the southern hemisphere. An important event of this cycle was the emergence of the AR12192 region, observed between October 17<sup>th</sup> and 30<sup>th</sup>, 2014. Such region was the largest one in 25 years, and showed different characteristics from other large regions.

**Key words:** Solar cycle 24, active region, flares, northern-southern asymmetry, AR12192.

## INTRODUCCIÓN

Las regiones activas son zonas de la atmósfera solar situada entre la fotosfera y la corona, asociadas con la emergencia de campos magnéticos subfotosféricos. Son de diverso tamaño y duración; en ellas normalmente se observa actividad cromosférica, como manchas, protuberancias, destellos y emisiones de masa coronal (Phillips, 1992). Los cambios en el número de regiones observadas en el Sol generan el ciclo solar, que tiene en promedio una duración de once años. El tamaño de una mancha solar puede variar entre 300 y 100.000 kilómetros. Sin embargo, menos del uno por ciento de la superficie visible del Sol está cubierta por estas manchas. En ellas se observan dos zonas características: una muy oscura y central llamada umbra y una zona gris que rodea la anterior conocida como penumbra. Las manchas tienen una infinidad de formas y tamaños que van desde manchas sencillas y pequeñas hasta grupos con estructuras complejas que contienen decenas de manchas. El modelo más usado para clasificarlas es el esquema de Zurich, desarrollado por M. Waldmeir. Sin embargo, recientemente ha sido reemplazado por el esquema diseñado por M. McIntosh, de la NOAA.

Según la estructura magnética de una región solar se establece por el grado de complejidad en:

( $\alpha$ ): Estructura magnética unipolar que pueden tener una o varias manchas.

( $\beta$ ): Un par de manchas individuales con una mancha guía y otra que le sigue, que tienen polaridades opuestas.

( $\gamma$ ): Con estructura del campo magnético complejo y entrelazado en la que hay dos centros.

( $\beta\gamma\sigma$ ): Con varias polaridades situadas cerca unas de otras, compartiendo parcialmente penumbras Beck, Hilbrecht, Reinch & Völker, (1995). Las regiones activas producen destellos o fulguraciones que son una liberación explosiva de energía dentro de una región activa que dan a lugar a una amplia gama de fenómenos en radiación electromagnética, expulsión de partículas y masa, con una duración de minutos a un día. Se clasifican en tipo X, M y C. La clase M alcanza sólo una décima parte de la clase X. De manera equivalente se define el tipo C. Los más brillantes están asociados con regiones activas complejas y tienden a ocurrir cuando la región está creciendo más rápido (Phillips, 1992).

El ciclo solar número 24 inició en enero de 2009 y en su parte inicial duró 34 meses hasta alcanzar el máximo en octubre de 2011, cuando el Número de Wolf tuvo un valor de 138. En los meses posteriores su avance estuvo marcado por numerosas oleadas de actividad, seguidas por depresiones que dieron un valor promedio de  $R_z=87$ . La forma en que evolucionó el ciclo hasta el año 2013 hacía posible que tuviera otro pico, es decir, de forma bimodal. Entre 2011 y 2012 se observaron regiones extensas con estructuras magnéticas complejas que generaron fulguraciones o destellos tipo X, típicas de un máximo solar, como las regiones AR11429 y AR11402, pero también emergieron regiones activas pequeñas con estructuras magnéticas más sencillas que produjeron fulguraciones de gran energía, como las regiones AR11283 y AR11748. (Moreno et al., 2015) Otro evento importante que sucedió en el inicio del ciclo fue la eyección de masa coronal del 23 de julio de 2012 que estuvo cerca de causar una gran tormenta geomagnética como la ocurrida en septiembre de 1859 (Baker, Li, Pulkkinen, Ngwira, Mays, Galvin & Simunac, 2013). Esta tormenta solar, conocida como el

Evento Carrington, generó auroras boreales aún en bajas latitudes como Panamá y Colombia (Moreno, Cristancho y Vargas, 2016).

La tormenta de julio de 2012 se originó en la región AR11520, una de las zonas más extensas del presente ciclo hasta el año 2013, junto con AR1139 y AR11402. Sin embargo, no han sido las más grandes vistas en el disco solar. Dentro de las regiones con mayor área que se han observado a lo largo de los últimos ciclos están AR10486, de octubre de 2003 (Ciclo 23), la región 8392, vista en 1947, y la región 7943, observada en 1946.

El inicio del ciclo 24 mostró que en el hemisferio norte se originaron las regiones más activas (Li, Gao, Zhan & Shi, 2009). En el periodo 2012-2013 en este hemisferio se produjeron los 3 destellos más energéticos del ciclo y fue el origen de 16 destellos tipo X de un total de 25 producidos por el Sol (Moreno et al., 2015).

Con el fin de hacer un seguimiento a este ciclo y caracterizarlo, el Observatorio Julio Garavito del Gimnasio Campestre continuó las observaciones, tomó registros del número de regiones activas, manchas solares, protuberancias y filamentos. A continuación, se presentan los resultados de las observaciones solares realizadas entre enero de 2013 y diciembre de 2014.

## METODOLOGÍA

Para las observaciones y el conteo de las regiones activas y las manchas solares entre los años 2014 y 2015 se utilizó el telescopio Meade, de 30 centímetros de diámetro y 3000 milímetros de distancia focal, con filtro solar tipo Baader o con filtro de vidrio Thousand Oaks, junto con un ocular de 25mm. La observación en H alfa que permite identificar protuberancias, filamentos y destellos

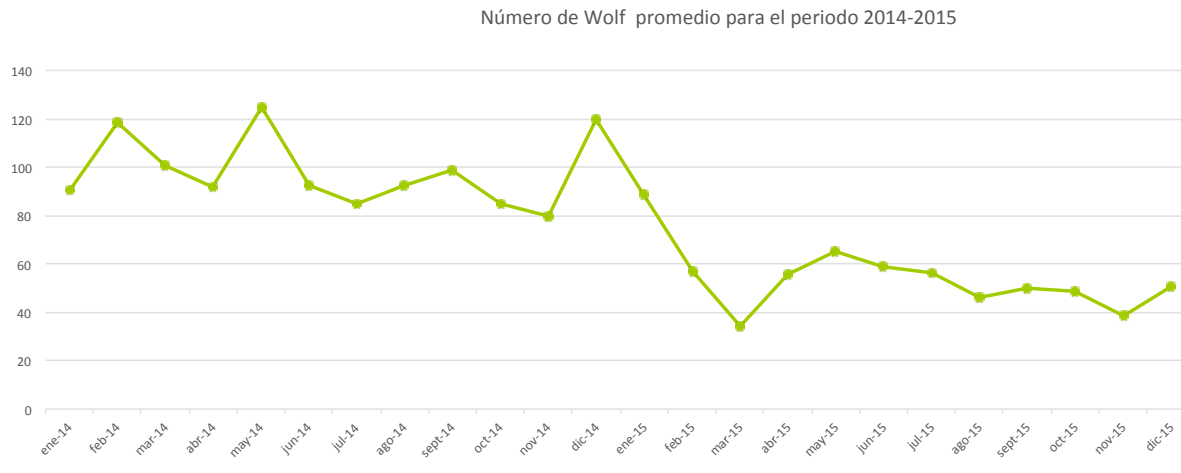
solares se realizó a través del telescopio Coronado Solarmax, de 60 milímetros de diámetro y 400 milímetros de distancia focal. Las imágenes se tomaron con las cámaras Celestron NexImage Imager y Canon EOS XS, a foco directo o con un lente Barlow 2X.

Durante las observaciones se hizo el conteo del número de regiones activas (g) y el número total de manchas (n). Estos resultados se registraron en una base de datos para poder calcular el Número de Wolf ( $R_z$ ) según la siguiente ecuación:  $R_z = 10 \cdot g + n$ . A partir de la observación se clasificaron las regiones activas según el método de Zúrich mejorado (McIntosh, 1990) que catalogaron las manchas según su estructura en los siguientes tipos: A, B, C, D, E, F, G y H (Phillips, 1992). La identificación de las regiones activas, el número de manchas que tenían y su clasificación se hizo en lo posible diariamente, pero debido a factores del clima se hizo tres veces a la semana en promedio. Estos datos fueron organizados en una tabla de Excel y finalmente se calculó el Número de Wolf.

Los datos sobre complejidad magnética, área, expresada en millonésimas de hemisferio (MM), y el número de destellos producidos por cada región fueron suministrados por el boletín semanal de la NOAA.

## RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD DURANTE EL 2014

La actividad solar durante el año 2014 se caracterizó por ser baja en el primer trimestre y alta en el último, con fluctuaciones en los meses restantes, propios del plateau durante el máximo solar. En total se realizaron 165 observaciones. Los datos del Número de Wolf promedio se pueden observar en la figura 1. Los datos de las regiones más importantes se muestran en la tabla 1.



**Figura 1.** Número de Wolf ( $R_z$ ) promedio mensual para los años 2014 y 2015.

La actividad durante enero fue alta, alcanzando un Número de Wolf ( $R_z$ ) de 90.9. La región activa que más contribuyó fue la AR1944 (figura 2) con 42 destellos tipo C, siete tipo M y uno tipo X. Esta región emergió al principio del mes, alcanzó un área de 1560 MM y una estructura tipo F según el esquema de Zurich. Otra región muy activa fue la AR11936 debido a que produjo 29 destellos tipo C y cuatro tipo M, generados en un área pequeña de 280 MM y una configuración magnética  $\beta\gamma$ . De actividad y área similar a la anterior fue la región AR11959 (figura 3). Todas estas regiones activas aparecieron sobre el hemisferio sur del Sol (NOAA, PRF 2000-005). Los días 20 y 21 de enero se identificaron diez y once regiones activas respectivamente. Durante los tres últimos días del mes se observaron grandes protuberancias activas originadas en la AR11967 (figuras 4 y 5).

En febrero la actividad del Sol fue alta debido principalmente a las regiones descritas a continuación: AR11967 debido a su configuración magnética compleja  $\beta\gamma\sigma$  que permaneció por doce días y generó 70 destellos C y 26 tipo M (figura 6). El área de esta región alcanzó los 1580 MM, dentro de las cuales se contaron hasta 32 manchas

(figura 7) y una estructura tipo F. Esta región fue la segunda vuelta de la AR11944 vista en enero. La región AR11974 produjo 33 destellos tipo C y 14 tipo M debido a una configuración magnética  $\beta\gamma\sigma$  que perduró por 7 días (figura 8). Durante su aparición se observaron hasta 34 manchas y alcanzó un área máxima de 990 MM (figura 9). La región AR11968 generó 27 destellos tipo C y cinco tipo M y en ella se contaron hasta 25 manchas dentro de un configuración  $\beta\gamma$  (figura 10). Las regiones AR11976 y AR11977 produjeron cada una ocho destellos tipo C y uno tipo M cada una. En las últimas semanas del mes se observó la región AR11982 que generó 21 destellos C y 2 destellos tipo M. Esta región presentó 21 manchas y tuvo un área máxima de 570 MM (figura 11) (NOAA, PRF 2007-2009). Finalizando el mes la región AR11990 produjo un destello tipo X, dos tipos M y seis tipo C. Las regiones AR11968 y AR11986 emergieron en el hemisferio norte mientras que las demás nombradas anteriormente lo hicieron en el sur. Debido a estas regiones activas el Número de Wolf promedio alcanzó un valor de 118.2 (NOAA, PRF 2006-2009). Los días 11 y 12 del mes contaron 12 y 11 zonas activas respectivamente.

# Región	Hemisferio	Número de manchas max	Área máxima	Destellos			Clasificación de Zúrich máxima	Clasificación magnética	
				C	M	X		Máxima	Duración (días)
11934	S	17	230	10	2	0	E	$\beta\gamma\sigma$	4
11936	S	15	280	29	4	0	E	$\beta\gamma\sigma$	3
11944	S	118	1560	42	7	1	F	$\beta\gamma\sigma$	8
11959	S	13	220	29	0	0	E	$\beta\gamma$	4
11967	S	94	1580	70	26	0	F	$\beta\gamma\sigma$	12
11968	N	57	740	27	5	0	E	$\beta\gamma$	10
11974	S	89	990	33	14	0	F	$\beta\gamma\sigma$	7
11982	S	69	570	21	2	0	E	$\beta\gamma$	11
11991	S	33	320	17	2	0	E	$\beta\gamma\sigma$	1
11996	N	12	220	11	5	0	E	$\beta\gamma$	5
12002	S	33	380	29	6	0	E	$\beta\gamma\sigma$	5
12014	S	35	290	26	1	0	E	$\beta\gamma$	9
12017	N	16	160	19	3	1	D	$\beta\gamma\sigma$	1
12026	S	40	480	28	0	0	E	$\beta\gamma$	4
12035	S	45	340	34	1	0	F	$\beta\gamma\sigma$	1
12036	S	47	510	26	1	0	D	$\beta\gamma$	8
12051	S	16	310	15	2	0	D	$\beta\gamma\sigma$	5
12056	N	17	430	21	1	0	E	$\beta\gamma\sigma$	1
12063	N	17	150	8	0	0	D	$\beta\gamma$	1
12065	S	16	180	19	1	0	D	$\beta\gamma\sigma$	1
12080	S	33	360	14	2	0	E	$\beta\gamma\sigma$	9
12085	S	47	840	10	2	0	F	$\beta\gamma\sigma$	2
12087	S	27	220	29	8	3	E	$\beta\gamma\sigma$	2
12104	S	26	470	13	0	0	D	$\beta\gamma\sigma$	3
12106	N	12	140	9	2	0	D	$\beta\gamma$	1
12108	S	36	890	11	0	0	E	$\beta\gamma\sigma$	4
12109	S	22	710	11	0	0	E	$\beta\gamma\sigma$	3
12113	N	17	80	7	2	0	E	$\beta\gamma$	2

Tabla 1. Principales regiones activas durante 2014. Fuente: NOAA.

Sigue

# Región	Hemisferio	Número de manchas max	Área máxima	Destellos			Clasificación de Zúrich máxima	Clasificación magnética	
				C	M	X		Máxima	Duración (días)
12132	S	32	220	15	0	0	E	$\beta\gamma\sigma$	2
12146	N	11	300	14	2	0	D	$\beta\gamma\sigma$	1
12149	S	14	280	33	2	0	E	$\beta\gamma\sigma$	1
12157	S	45	540	32	2	0	E	$\beta\gamma\sigma$	7
12166	N	60	10	4	2	0	D	$\beta\gamma$	1
12172	S	500	17	13	1	0	E	$\beta\gamma$	7
12182	S	170	19	13	3	0	D	$\beta\gamma$	2
12192	S	2740	66	73	35	5	F	$\beta\gamma\sigma$	11
12201	S	70	10	17	0	0	D	$\beta$	9
12205	N	410	40	40	13	1	E	$\beta\gamma\sigma$	7
12209	S	1000	27	33	3	0	F	$\beta\gamma\sigma$	9
12217	S	380	14	16	0	0	E	$\beta\gamma$	7
12222	S	680	32	55	5	0	E	$\beta\gamma$	10
12241	S	660	36	20	5	0	E	$\beta\gamma\sigma$	5
12242	S	1080	50	51	6	1	E	$\beta\gamma\sigma$	7

Tabla 1. (continuación) Principales regiones activas durante 2014. Fuente: NOAA.

Marzo fue un periodo muy activo debido a que se observaron diez regiones generadoras de destellos. La más interesante fue la región AR11990, la tercera rotación de la AR11944. Durante este período produjo seis destellos C, dos tipo M y uno tipo X, a pesar de que su configuración electromagnética solo llegó a  $\beta\gamma$ . Al finalizar el mes la región AR12017 generó 19 destellos tipo C, tres tipo M y uno tipo X, dentro de un área de 160 MM dentro de la cual se contaron ocho manchas solares. La tercera región en importancia fue la AR12002 que alcanzó un área de 380 MM y una configuración  $\beta\gamma\sigma$  que se mantuvo por cinco días. A partir de lo anterior se generaron 29 destellos tipo C y seis tipo M (figura 12). La región AR12014 a pesar de

su configuración magnética  $\beta\gamma$  produjo 26 destellos tipo C y uno tipo M (NOAA PRF 2010-2013). Los días con mayor número de regiones fueron el 18 y 20 de marzo cuando se contaron diez y once respectivamente. El 19 y 20 de marzo se observó una gran protuberancia activa sobre el limbo sureste del Sol (figuras 13 y 14) y el 28 una serie de arcos sobre el limbo noreste del Sol (figura 15). El Número de Wolf para este mes fue de 100.8.

Durante abril emergieron cinco regiones activas que fueron grandes generadoras de destellos. La más importante fue la región AR12035 (figura 16) la cual produjo 34 destellos tipo C y uno tipo M, dentro de un área



Figura 2

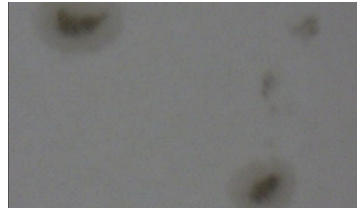


Figura 3

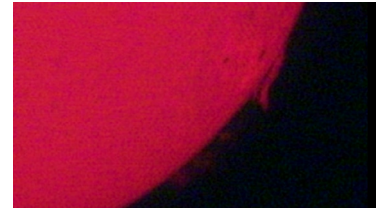


Figura 4

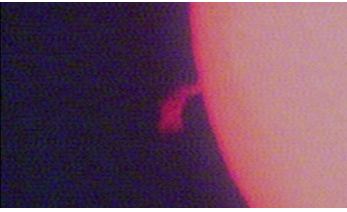


Figura 5

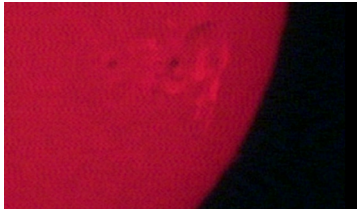


Figura 6

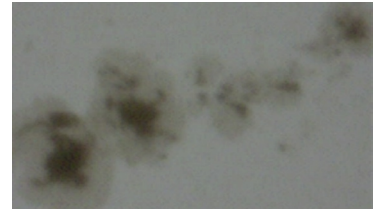


Figura 7



Figura 8

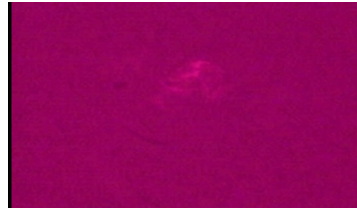


Figura 9



Figura 10



Figura 11



Figura 12



Figura 13

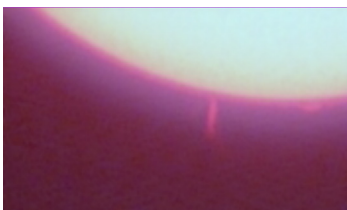


Figura 14



Figura 15



Figura 16

**Figura 2.** Región AR1944, imagen del 13 de enero de 2014.

**Figura 3.** Regiones AR1960 y 1959, imagen del 24 de enero de 2014.

**Figura 4.** Protuberancia activa originada en la AR 11967 observada el 28 de enero de 2014.

**Figura 5.** Protuberancia activa relacionada con AR 11967, del 29 de enero de 2014.

**Figura 6.** Destello M6.6 observado el 30 de enero de 2014.

**Figura 7.** Región AR1967, imagen del 3 de febrero de 2014.

**Figura 8.** Destello M1.8 del 11 de febrero, Región AR1974.

**Figura 9.** Región AR1974, imagen del destello M1.8 del 11 de febrero de 2014.

**Figura 10.** Región AR1968, imagen del 5 de febrero de 2014.

**Figura 11.** Región AR1982, imagen del 18 de febrero de 2014.

**Figura 12.** Región AR2002, imagen del 13 de marzo de 2014.

**Figura 13.** Protuberancia observada el 19 y 20 de marzo de 2014.

**Figura 14.** Protuberancia observada el 27 de marzo de 2014.

**Figura 15.** Protuberancias en forma de arcos del 28 de marzo de 2014.

**Figura 16.** Región AR2036, imagen del 22 de abril de 2014.





Figura 17



Figura 18

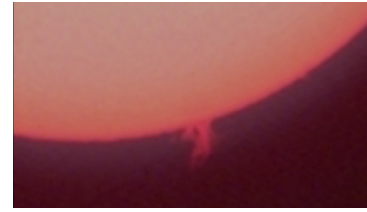


Figura 19

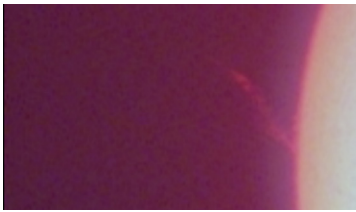


Figura 20



Figura 21

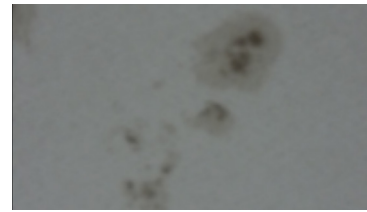


Figura 22



Figura 23



Figura 24



Figura 25



Figura 26



Figura 27

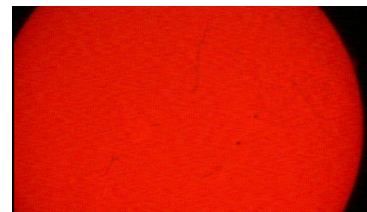


Figura 28



Figura 29



Figura 30

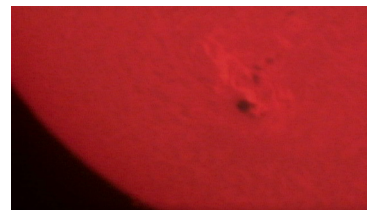


Figura 31

**Figura 17.** Región AR2036, imagen del 22 de abril de 2014.

**Figura 18.** Región AR2056 y AR2055, imagen del 15 de mayo de 2014.

**Figura 19.** Protuberancia observada el 15 de mayo de 2014.

**Figura 20.** Protuberancia observada el 3 de junio. Su longitud llegó a cerca de 500.000 kilómetros.

**Figura 21.** Región AR2087, imagen del 17 de junio de 2014.

**Figura 22.** Región AR2080, imagen del 10 de junio de 2014.

**Figura 23.** Región AR2089, imagen del 17 de junio de 2014.

**Figura 24.** Región AR2130, imagen del 4 de agosto de 2014.

**Figura 25.** Región AR2157, imagen del 5 de septiembre de 2014.

**Figura 26.** Región AR2158, imagen del 5 de septiembre de 2014.

**Figura 27.** Región AR2172, imagen del 25 de septiembre de 2014.

**Figura 28.** Filamentos solares observados el 25 de septiembre

**Figura 29.** Destello C7.9 producido por la AR2177 el 26 de septiembre.

**Figura 30.** Destello C8.6 observado el 20 de Octubre generado por AR2192.

**Figura 31.** Destello M1.7 observado el 20 de Octubre producido por AR2192.

de 340 MM y con una estructura magnética  $B\gamma\sigma$ . La siguiente fue la región AR12036 con 26 destellos tipo C y uno tipo M, dentro de un estructura magnética  $B\gamma$  (figura 17). Finalmente, apareció la región AR12026 que generó 28 destellos tipo C, en un área de 480 MM y con una estructura  $B\gamma$  (NOAA PRF 2014-2018). El día 4 de abril se contaron diez grupos activos. Por lo dicho anteriormente, el Número de Wolf solo alcanzó el valor de 91.9. El 29 de abril se observó una protuberancia quiescente sobre el limbo suroeste del Sol.

El mes de mayo se caracterizó por la observación de numerosas regiones activas. Durante siete días se observaron 10 grupos o más, lo cual hizo que el Número de Wolf promedio del mes fuera alto (124.3). Durante este periodo emergieron diez regiones energéticas de las cuales la más importante fue la región AR12056 (figura 18) la cual produjo 21 destellos tipo C y uno M. La región AR12051 produjo 15 destellos tipo C y dos tipo M, gracias a una estructura magnética  $B\gamma\sigma$  sostenida durante cinco días de los seis en que fue visible. La región AR12065 generó 19 destellos tipo C y uno tipo M, todos observados en los cuatro últimos días en que fue visible en un área de 180 MM. La región más extensa de este periodo fue la AR12055 con 530 MM, sin embargo, solo produjo cinco destellos tipo C (NOAA, PRF 2019-2022). El 15 de mayo se observó una protuberancia activa sobre el limbo este del Sol (figura 19).

El mes de junio comenzó con la observación de un gigantesco filamento que llegó a medir cerca de 500.000 kilómetros (figura 20). Los filamentos están compuestos de plasma oscuro que se mantienen en alto por fuerzas magnéticas. A menudo son inestables, y si caen chocan con la superficie solar, produciendo

un destello “Hyder,” una clase de destello que ocurre sin la ayuda de una mancha solar. Durante este período solo se observaron seis regiones de importancia de las cuales la más notoria fue la región AR12087 debido a tres destellos tipo X que aparecieron entre el 10 y el 11 de junio: X2.2, X1.5 y X1.0 (figura 21) Además, esta región también generó siete destellos tipo M y 22 del tipo C. Esta región solo alcanzó 220 MM y mantuvo por dos días una estructura magnética de  $B\gamma\delta$ . La segunda más significativa fue la AR12080 con 14 destellos tipo C y dos del tipo M, que mantuvo su estructura magnética por 9 días. La tercera en importancia fue la región 205 que produjo 19 destellos tipo C y dos tipo M (figura 22). La región AR12089 generó once destellos tipo C y uno tipo M en un área de 270 MM (figura 23). Al igual que en los meses anteriores, hubo predominio del hemisferio sur en la cantidad de regiones activas y en el número de destellos producidos (NOAA, PRF 2023-2026). La actividad solar disminuyó notablemente a partir de la última semana por lo cual el número de Wolf solo alcanzó un valor de 92.6.

Julio fue el período con la segunda actividad más baja en este año con un Número de Wolf ( $R_z$ ) de 84.64 y con predominio del hemisferio Sur en cuanto a las regiones que más destellos produjeron. Dentro de ellas la más importante fue la región AR12106 con nueve destellos tipo C y 2 dos tipo M y un área de 140 MM observada en el hemisferio Norte. La región AR12104 produjo 13 destellos tipo C, gracias a una estructura magnética  $B\gamma\delta$  que se mantuvo durante tres días. Las regiones AR12108 y AR12109 con áreas de 890 MM y 711 MM, produjeron once destellos tipo C cada una (NOAA, PRF 2027-2030).

Durante el mes de agosto el Sol elevó su actividad nuevamente a niveles similares a

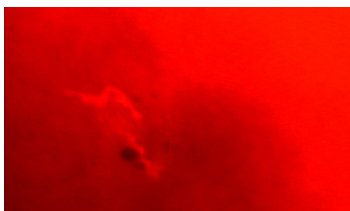


Figura 32

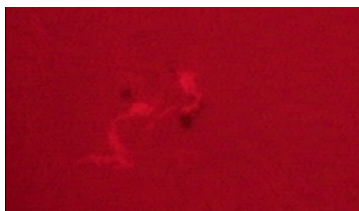


Figura 33

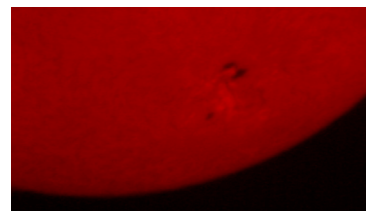


Figura 34

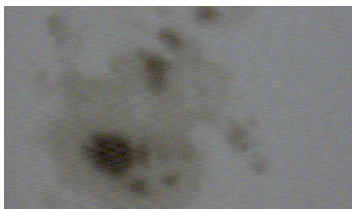


Figura 35



Figura 36

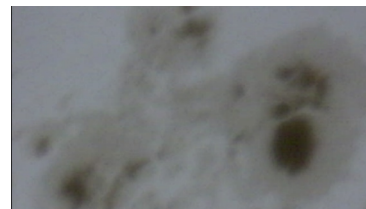


Figura 37



Figura 38



Figura 39

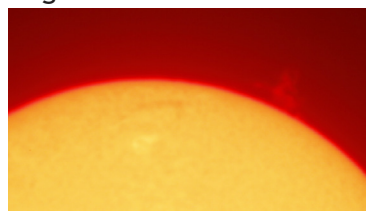


Figura 40

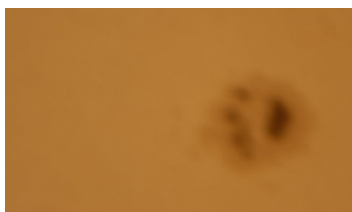


Figura 41

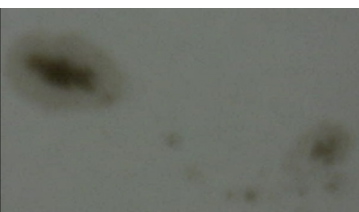


Figura 42



Figura 43

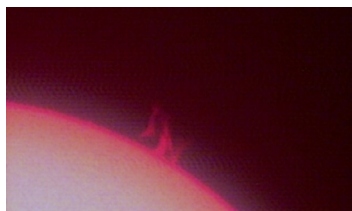


Figura 44

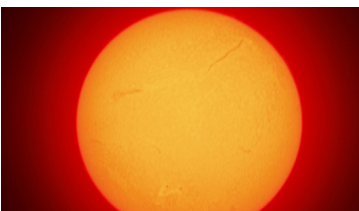


Figura 45



Figura 46

**Figura 32.** Destello X1.6 observado el 22 de octubre.

**Figura 33.** Destello X1.0 observado el 25 de octubre.

**Figura 34.** Preámbulo al destello X2.0 del 27 de octubre.

**Figura 35.** Región AR2192 imagen del 20 de octubre.

**Figura 36.** Región AR2192 imagen del 21 de octubre.

**Figura 37.** Región AR2192 imagen del 23 de octubre.

**Figura 38.** Región AR2192 imagen del 25 de octubre.

**Figura 39.** Región AR2205 del 7 de noviembre de 2014.

**Figura 40.** Protuberancia del 14 de noviembre.

**Figura 41.** Región AR2209 segunda vuelta de la AR2192, noviembre 19.

**Figura 42.** Región AR2222, imagen del 3 de diciembre de 2014.

**Figura 43.** Regiones activas del 28 de enero de 2015. AR2268 (izquierda) y AR2275 (abajo).

**Figura 44.** Protuberancia activa observada sobre limbo oeste del sol el 16 de enero.

**Figura 45.** Gran filamento observado en febrero de 2015. Imagen del día once.

**Figura 46.** Gran protuberancia del 26 de marzo de 2014.

Junio, es decir, el  $R_z$  llegó a 92.5 gracias al incremento en el número de regiones activas observadas, de las cuales la región AR12149 sobresalió por originar 33 destellos C y dos del tipo M. Las regiones AR12130 (figura 24) y AR12146 con idéntica actividad generaron dos destellos M y catorce del tipo C (NOAA, PRF 2031-2035). De las siete regiones activas más importantes cinco se vieron en el hemisferio sur y dos en el norte.

En septiembre el  $R_z$  alcanzó un valor 98.8 debido a la presencia principalmente de seis grandes regiones activas. La región AR12157 emergió al iniciar el mes y generó 32 destellos tipo C y dos del tipo M (figura 25). Se observó en el hemisferio Sur, llegó a medir 540 MM y mantuvo una estructura magnética  $B\gamma\sigma$  por dos días. La siguiente región en importancia fue la AR12158, vista en el hemisferio norte y que ocupó un área de 440 MM (figura 26), dentro de la cual se observaron once destellos C, uno M y uno tipo X. Al finalizar el mes apareció la región AR12172 (figura 27), fuente de trece destellos tipo C y uno M (NOAA, PRF 2036-2044). El día 25 se observaron dos extensos filamentos que superaron los 200.000 kilómetros (figura 28). El siguiente día la región AR12177 produjo un destello C7.9 que fue observado en H alfa (figura 29).

El mes de octubre se caracterizó por el surgimiento de la región AR12192 la cual prácticamente monopolizó la actividad magnética entre el 17 y el 30 de octubre. Esta región fue origen de gran cantidad de destellos aún antes de ser observada, como es el caso del destello tipo M observado el 16 de octubre, día anterior a la aparición de esta región. La región AR12192 alcanzó una estructura magnética  $B\gamma\sigma$  por once días. En total generó 73 destellos tipo C, 35 tipo M y cinco X. El 20 de octubre se lograron captar

dos destellos: C8.6 (figura 30) y M1.7 (figura 31). Las magnitudes de los destellos tipo X fueron: X1.1, X1.6 (figura 32), X3.1, X1.0 (figura 33) y X2.0 (figura 34). La AR12192 fue la mayor mancha solar en casi 25 años. Dicha zona cubrió 2740 millonésimas partes del disco solar, a lo largo de ella se podrían colocar 16 Tierras. Las regiones más extensas han sido la 8392 vista en 1947 con 5400 MM (Newton, 1948) y la 7943 observada en febrero de 1946 con 4900 MM, región vista durante cuatro rotaciones (Mulders, 1947). En las figuras 35 al 38 se muestra cómo evolucionó esta región entre el 20 y el 25 de octubre. Durante estos días el número de manchas contadas dentro de la región pasó de 11 a 72 desarrollando una estructura tipo F según el esquema de Zúrich. La siguiente región más activa del mes fue la AR12182, que generó trece destellos tipo C y tres del tipo M. Debido a la escasez de zonas activas, el Número de Wolf descendió a 85.28 (NOAA, PRF 2041-2044). Durante la última quincena también se observaron dos grandes filamentos, uno de los cuales superó los 300.000 kilómetros.

En noviembre la actividad solar mostró el nivel más bajo del año con un número de Wolf de 79.9, resultado de seis regiones. La región AR12205, observada en la primera quincena del mes, ocupó un área de 410 MM en el hemisferio norte (figura 39), donde se generaron 40 destellos tipo C, trece del tipo M y uno del tipo X, mostró una estructura magnética  $B\gamma\alpha$ . Entre los días 10 y 14 se observaron protuberancias solares en el limbo este (figura 40) y suroeste del Sol. El 13 de noviembre reapareció la región AR12192 en su segunda vuelta al disco solar. Nombrada como AR12209 (figura 41), mostró una estructura más evolucionada, mantuvo su estado  $B\gamma\sigma$  durante nueve días. Esta zona produjo 33 destellos C y tres del

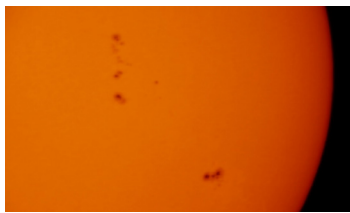


Figura 47



Figura 48



Figura 49



Figura 50

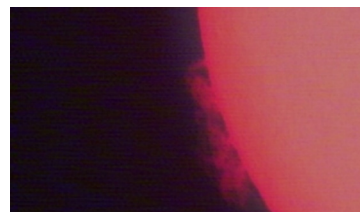


Figura 51



Figura 52



Figura 53



Figura 54



Figura 55



Figura 56



Figura 57

- Figura 47.** Regiones AR2324 y AR2321, imagen del 15 de abril.  
**Figura 48.** Protuberancia observada el 15 de abril y destello C7.8 producido por AR2321  
**Figura 49.** Protuberancia quiescente del 23 de abril de 2015.  
**Figura 50.** Región activa AR2339, imagen del 8 de mayo.  
**Figura 51.** Protuberancias observadas el 12, 15, 20 de mayo de 2015.  
**Figura 52.** Región AR2403, imagen del 27 de agosto de 2015  
**Figura 53.** Región AR2396, imagen del 5 de agosto de 2015.  
**Figura 54.** Región AR2422, imagen del 28 de septiembre.  
**Figura 55.** Protuberancia quiescente del 16 de septiembre de 2015.  
**Figura 56.** Protuberancia quiescente del 22 de octubre de 2015  
**Figura 57.** Protuberancia observada el 26 y 27 de noviembre de 2015

tipo M dentro de un área de 1000 MM. En contraste, la región AR12201 con solo 70 MM y una estructura B generó 17 destellos tipo C (NOAA, PRF 2045-2048). Las regiones AR12216 y AR12217 produjeron 14 y 16 destellos tipo C respectivamente.

Diciembre obtuvo el valor más alto del año del Número de Wolf debido al gran número de regiones activas observadas, como sucedió el 10 de diciembre, día en el que se contaron trece grupos. La región más activa fue la AR12242 debido a que generó 51 destellos tipo C, seis del tipo M y uno tipo X en un área de 1080 MM con estructura magnética B $\gamma$  por siete días. La región AR12222 originó 55 destellos C y cinco tipo M en un área de 680 MM (figura 42). La tercera región más importante de este periodo fue la AR12241 debido a que produjo 20 destellos tipo C y cinco del tipo M. Las seis zonas más activas se observaron sobre el hemisferio sur del Sol (NOAA, PRF 2049-2053).

### OBSERVACIONES DEL AÑO 2015

Se hicieron 158 observaciones las cuales mostraron al Ciclo N° 24 en un periodo de claro decaimiento. Los datos de las regiones más importantes se muestran en la tabla 2. Si bien la actividad solar disminuyó en forma continua a lo largo del año, fue posible observar numerosas protuberancias y filamentos, algunas de las cuales fueron excepcionales en su tamaño. Los datos del Número de Wolf promedio se pueden observar en la figura 1.

Durante enero la actividad solar sufrió una fuerte baja al pasar a un Número de Wolf de 88.6. Las regiones más importantes fueron: AR12268, observada durante la última semana, generó 35 destellos tipo C y seis M (figura 43); la zona activa AR12253 presentó una

actividad similar con 33 destellos C y dos M; de menor actividad fue la región AR12259, la cual generó solo trece destellos del tipo C. Las regiones mencionadas emergieron en el hemisferio Sur (NOAA, PRF 2054- 2057). El 16 de enero se observaron varias protuberancias y un gran filamento (figura 44).

Febrero mostró el  $R_z$  más bajo de los dos últimos años, con un valor de 57.15 debido a la disminución de zonas activas hacia el final de este periodo. La región AR12277 tuvo un área de 510 MM y generó 36 destellos C y tres del tipo M. Llamó la atención la región AR12290 que fue origen de 19 destellos tipo C y cuatro tipo M en un área de solo 70 MM y una estructura magnética B. La región AR12282 generó diez destellos tipo C y uno M. Las regiones anteriormente nombradas emergieron en el hemisferio norte (NOAA, PRF 2058-2061). Desde el 3 hasta el 13 de febrero se observó un gran filamento que llegó a medir cerca de un millón de kilómetros, más de cinco veces que uno normal (figura 45).

El mes de marzo presentó un Número de Wolf de 34.1, el más bajo desde febrero de 2011. Sin embargo, a principios del mes emergió la región AR12297, que produjo 97 destellos C, 23 del tipo M y uno X2.0, convirtiéndose en una de las regiones más activas de lo que va corrido del Ciclo 24. El 11 de marzo el destello X2.0 causó un bloqueo total de las frecuencias entre 15 y 25 Mhz en todo el continente americano. Las regiones AR12303 y AR12305 generaron once y 16 destellos tipo C respectivamente (NOAA, PRF 2062-2066). El 3 de marzo se divisó una protuberancia activa entre las 16:26 UT y 17:02 UT que alcanzó una longitud de 170.000 kilómetros. El 26 de marzo apareció una gran protuberancia quiescente sobre el limbo noreste del Sol, cuya altura fue seis veces la Tierra y una

longitud equivalente a 30 veces el diámetro de nuestro planeta (figura 46).

Durante abril la actividad solar se incrementó levemente hasta llegar a un  $R_z$  de 54.9. Las regiones más importantes fueron AR12320 y AR12321 (figura 47) que generaron 23 y 21 destellos tipo C respectivamente y uno del tipo M cada una. De menor actividad fueron las regiones AR12324 y AR12326, las cuales produjeron diez destellos tipo C. A diferencia de los meses anteriores, el hemisferio norte fue más activo que el sur (NOAA, PRF 2067-2070). Durante este mes se observaron varias protuberancias los días 15 (figura 48) y 23 con el retorno de la protuberancia quiescente vista el 26 de marzo (figura 49).

En mayo la actividad solar se mantuvo baja, con un  $R_z$  de 65.16. Se destacaron las siguientes regiones: AR12339, con una superficie de 900 MM situada en el hemisferio norte, generó 56 destellos tipo C, tres del tipo M y uno X2.0 (figura 50); AR12335 con una superficie de solo 310 MM produjo 23 destellos del tipo C y dos M; AR12349 que generó nueve destellos tipo C y uno M. Tres de las cuatro regiones más activas se observaron sobre el hemisferio sur (NOAA, PRF 2071-2074). Varias protuberancias activas se observaron en este mes, específicamente los días 12, 15 y 20 (figura 51).

La actividad solar durante junio se centró en tres regiones. La AR12371 que desarrolló un área importante sobre el hemisferio norte, 1120 MM y produjo 39 destellos tipo C y seis tipo M. En el hemisferio sur emergió la región AR12367 que fue origen de 31 destellos tipo C y dos del Tipo M. La tercera en importancia fue la AR12365 que produjo once destellos tipo C. Debido a que hacia el final de mes disminuyó el número de regiones activas

el Número de Wolf fue 58.9 (NOAA, PRF 2075-2079).

Durante el mes de julio el Sol tuvo una actividad similar a junio, con un Número de Wolf de 56.1. La región más activa fue la AR12381, vista sobre el hemisferio norte, generó 17 destellos tipo C y dos del tipo M. La región AR12378 produjo seis del tipo C y un destello tipo M. La tercera en importancia fue la AR12376, que emergió en el norte, donde generó nueve destellos tipo C (NOAA, PRF 2080-2083).

A partir de agosto el Sol entró en fase totalmente declinante, el  $R_z$  fue de 46.3. Solo dos regiones fueron importantes: por un lado la AR12403, que desarrolló un área importante de cerca de 1190 MM, donde se generaron 84 destellos tipo C y once del tipo M (figura 52), cuya estructura magnética fue  $B\gamma\sigma$  y se mantuvo por ocho días. Por otro lado la AR12396, región que produjo 19 destellos tipo C (figura 53). Las dos zonas aparecieron en el hemisferio sur (NOAA, PRF 2084-2087). El 20 de agosto se observaron tres notables protuberancias sobre el limbo este del Sol (figura 53).

Septiembre mostró un Número de Wolf de 50.3. La actividad solar al iniciar el mes fue muy baja, pero al finalizar se incrementó. La región más activa fue la AR12422 (figura 54), con 62 destellos tipo C y 17 del tipo M. Fue observada en el hemisferio sur y llegó a tener 950 MM. Sobre este mismo hemisferio emergió la región AR12415, la cual generó 34 destellos del tipo C y dos destellos tipo M. Al finalizar este periodo la región AR12423 produjo siete destellos del tipo C y cuatro del M (NOAA, PRF 2088-2092). En el hemisferio norte, opuesto a las dos anteriores, se observó la AR12436, con 18 destellos del tipo C (NOAA, PRF 2088-2091). Los días 16 y 17 de septiembre se observó una gran protuberancia quiescente que alcanzó una

# Región	Hemisferio	Número de manchas máximo	Área Máxima	Destellos			Clasificación de Zurich max.	Clasificación magnética	
				C	M	X		máxima	Duración max.
12253	S	42	900	33	2	0	F	$\beta\gamma\sigma$	4
12259	S	15	360	13	0	0	E	$\beta\gamma\sigma$	1
12268	S	38	510	35	6	0	E	$\beta\gamma$	3
12277	N	41	510	36	3	0	F	$\beta\gamma$	10
12290	N	15	70	19	4	0	D	$\beta$	10
12297	S	23	420	97	23	1	F	$\beta\gamma\sigma$	7
12305	S	15	470	16	0	0	E	$\beta\gamma\sigma$	2
12320	S	24	180	23	1	0	E	$\beta\gamma$	1
12321	N	33	480	22	1	0	E	$\beta\gamma\sigma$	2
12324	N	11	420	10	0	0	D	$\beta\gamma$	2
12325	N	12	240	9	1	0	C	$\beta$	8
12326	N	5	80	10	0	0	C	$\beta$	4
12335	S	30	310	23	2	0	E	$\beta\gamma\sigma$	3
12339	N	60	900	56	3	1	F	$\beta\gamma$	11
12348	S	13	160	10	0	0	D	$\beta\gamma$	3
12349	S	13	220	9	1	0	D	$\beta$	8
12360	N	20	130	31	2	0	E	$\beta\gamma$	6
12361	N	16	110	11	0	0	D	$\beta$	9
12367	S	34	400	34	3	0	E	$\beta\gamma$	8
12371	N	17	1120	39	6	0	F	$\beta\gamma\sigma$	6
12378	S	6	90	6	1	0	D	$\beta$	4
12381	N	25	550	17	2	0	E	$\beta\gamma$	2
12396	S	14	840	19	0	0	E	$\beta\gamma$	2
12403	S	66	1190	84	11	0	F	$\beta\gamma\sigma$	8
12415	S	30	230	34	2	0	E	$\beta\gamma$	14
12420	N	19	290	6	1	0	E	$\beta\gamma$	6
12422	S	18	950	62	17	0	F	$\beta\gamma\sigma$	7
2423	S	14	180	7	4	0	D	$\beta\gamma$	2
2434	S	22	230	41	2	0	D	$\beta\gamma\sigma$	1
2437	S	6	60	11	2	0	C	B	4
2443	S	52	650	59	2	0	F	$\beta\gamma\sigma$	2
2449	S	14	150	5	1	0	D	$\beta$	10
2470	N	17	610	11	0	0	E	$\beta$	9
2473	S	38	590	30	5	0	F	$\beta\gamma\sigma$	1
2472	S	10	170	18	2	0	D	$\beta\gamma$	1

Tabla 2. Regiones activas más importantes durante 2015. Fuente NOAA



longitud aproximada de 600.000 kilómetros (figura 55).

La actividad solar durante octubre alcanzó un valor de 48,7. Las regiones más importantes fueron la AR12434, que produjo 41 destellos tipo C y dos M, uno de estos destellos duró tres horas y fue clasificado como C4.4 y la región AR12437, con un área de 60 MM que generó once destellos C y dos M. En el hemisferio norte la región AR12436 produjo 18 destellos del tipo C. (NOAA, PRF 2092-2096). Durante el fin de mes se observaron grandes protuberancias, especialmente los días 17, 22, 23 y 28 (figura 56).

En noviembre se dio el Número de Wolf más bajo desde febrero de 2011, con un valor de 38.6. La única región que presentó una actividad importante fue la AR12443, con 59 destellos C y dos tipo M (NOAA, PRF 2097-2100). Los días 11 y 13 apareció un gran filamento circular que midió cerca de un millón de kilómetros. El 26 y 27 de noviembre se observó una gran protuberancia activa (figura 57).

El Número de Wolf para diciembre tuvo un valor de 50.5. La región más activa fue la AR12473 en la cual se produjeron 30 destellos tipo C y cinco del M. La región AR12472 también del hemisferio sur fue el origen de 18 destellos tipo C y dos del tipo M. En el norte, la región AR12470 produjo once destellos tipo C (NOAA, PRF 2101-2103).

## ANÁLISIS DE LAS OBSERVACIONES

Durante el 2014 y 2015 no hubo días sin manchas solares, situación que no se había observado desde el año 2011 (Libos et al., 2012).

El máximo del Ciclo N° 24 es claramente bimodal. Los datos tomados desde el Obser-

vatorio del Gimnasio Campestre muestran que: el primer pico del máximo sucedió en octubre de 2011, con un  $R_z$  de 138. El segundo pico del máximo solar ocurrió en mayo de 2014, con un  $R_z$  de 124.9. A partir de la fecha, la figura 58 muestra que el Número de Wolf disminuyó continuamente, dando inicio a la parte declinante del ciclo. La figura 58 muestra en gris el promedio mensual del Número de Wolf y en azul el promedio suavizado móvil de trece meses corridos. Según este procedimiento, el valor del máximo es de  $R_z=111$ , mientras que el dato oficial de la NOAA es 118.2. Si se compara el valor del máximo del Ciclo 23 que fue de 170 vemos que el actual ciclo tiene nivel muy bajo de actividad, siendo muy parecido a los Ciclos 12 y 16.

Una revisión de hemisferios donde emergieron las principales regiones activas del año 2014 (tabla 1) muestra que el 83 % de las regiones más activas emanaron en el sur. Para el año 2015 (tabla 2) da como resultado que el 63% también emergió en el hemisferio sur del Sol. Estos resultados muestran que lo observado en el Ciclo 24 es coherente con lo que viene sucediendo desde el Ciclo 20, es decir, en la parte ascendente del ciclo hay un predominio del hemisferio norte mientras que en la parte decreciente hay una supremacía del sur.

La región más activa y más importante del presente ciclo, hasta la fecha, es la AR12192 que generó en total 73 destellos tipo C, 35 tipo M y cinco X, superando la AR11890 observada en noviembre de 2013 (NOAA, PRF1994). Si se compara esta región con la más importante del ciclo 23, la AR10486, que emergió entre el 22 de octubre y el 4 de noviembre de 2003 (Moreno et al., 2004) se ve que tuvieron áreas similares: la primera 2740 MM y la segunda 2610 MM. Sin embargo,

la AR10486 produjo siete destellos tipo X, entre ellos un X28.0 y un X17.2 que están clasificados dentro los cinco destellos más importantes de la historia reciente del Sol. La energía liberada por los destellos de la AR12192 fue notablemente más baja ya que el mayor destello fue clasificado como X3.0

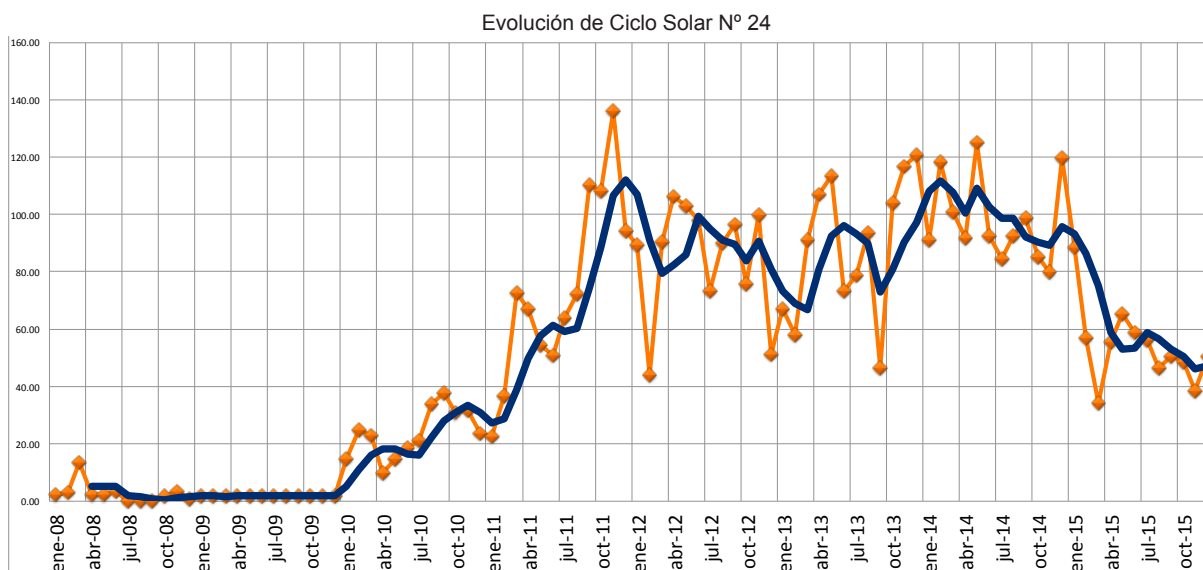
Otra diferencia entre estas dos regiones fue la escasa producción de eyecciones de masa coronal generadas por la AR12192, mientras que la región AR10486 produjo varias eyecciones de masa que golpearon la Tierra (Moreno et al., 2004). Una posible explicación dice que la AR12192 era extensa, pero de moderada energía y tuvo cambios menores en los campos relacionados con destellos. En esta región la gran cantidad de energía electromagnética libre no se manifestó en la producción de eyecciones de masa coronal. Este comportamiento inesperado sugiere que el nivel eruptivo de la región estuvo limitado, en alguna medida, a la falta de potencialidad magnética sobre la restricción del campo de fondo y que los destellos confinados dejaron alteraciones fotosféricas

y coronales muy débiles en comparación con sus contrapartes eruptivas (Sun, Bobra, Hoeksema, Liu, Li, Song Shen, Couvidat, Norton & Fisher, 2015). Las dos regiones fueron visibles durante tres rotaciones (tabla 3). Utilizando los dopplergramas de GONG se ha identificado un paso anterior a la AR 12192 en septiembre como la región AR12173 (Jain, Tripathy & Hill, 2015).

A partir de septiembre de 2014 y hasta abril de 2015 aparecieron varios filamentos de gran longitud, entre ellos sobresalió el observado entre 3 y el 13 de febrero debido a que alcanzó el millón de kilómetros. También es importante resaltar la extensión de algunas protuberancias quiescentes, que en varias ocasiones sobrepasaron los 200.00 kilómetros de longitud.

## CONCLUSIONES

El Ciclo solar N°24 tuvo un máximo bimodal con dos picos en el Número de Wolf: el primero en octubre de 2011, con un  $R_z$  de 138 y el segundo en mayo de 2014, con un  $R_z$  de 124.9. Si se compara con el valor del



**Figura 58.** Número de Wolf mensual promedio observado (naranja) y la suavización con promedio móvil de trece meses corridos (azul).

Región	Área	Número de manchas observadas	Configuración magnética	Destellos tipo X
AR10486 (1)	2610	108	$\beta\gamma\sigma$	X28.0, X17.2
AR10508(2)	700	52	$\beta\gamma$	-
AR12173 (1)	160	22	$\beta\gamma$	-
AR12192(2)	2750	66	$\beta\gamma\sigma$	X3.0
AR12209 (3)	1000	27	$\beta\sigma\gamma$	-
AR12237(4)	120	4	$\beta$	-

**Tabla 3.** Rotaciones de las regiones AR10486 (Ciclo 23) y AR12192 (Ciclo 24.) Fuente (NOAA).

máximo del Ciclo 23 ( $R_z=170$ ), se aprecia que el actual ciclo tiene un nivel muy bajo de actividad, muy parecido a los Ciclos 12 y 16.

Un análisis de las latitudes donde emergieron las regiones más activas muestra que en el Ciclo 24 durante la parte ascendente del ciclo hubo un predominio del hemisferio norte mientras que en la parte decreciente la supremacía ha sido del hemisferio sur.

La aparición de la región AR12192 fue el hecho notable en este período. Fue la región más extensa en 25 años, observada por cuatro rotaciones solares, con 2740 millonésimas partes del hemisferio solar, gran productora de destellos, pero no de eyecciones de masa coronal. También es necesario resaltar la gran extensión de algunos filamentos y protuberancias solares observados a partir de septiembre de 2014.

## BIBLIOGRAFÍA

Baker, D., Li, X., Pulkkinen, A., Ngwira, C., Mays, L., Galvin, B. y Simunac, K. (2013). A major solar eruptive event in July 2012: Defining extreme space weather scenarios. *Space Weather*, Vol. 11, 585-591.

Beck, R., Hilbrecht, H., Reinch K. & Völker, P. (1995). *Solar Astronomy Handbook*. Willmann-Bell. Richmond Virginia: pp. 305-312.

Jain K., Tripathy S. & Hill F. (2015) *Tracking Active Region NOAA 12192 in Multiple Carrington Rotations*. Tomado de <http://nisp.nso.edu/sites/nisp.nso.edu/files/images/poster/spd2015/kj2.pdf>

Li, K., Gao, P., Zhan L. & Shi, X. (2009). The long-term hemispheric sunspot activity. *The Astrophysical Journal*, Volume 691, Number 1.

Libos, S., Santamaría, L., & Moreno, F. (2012) El inicio del ciclo solar número 24. *Revista El Astrolabio*, Volumen 11, Número 1, enero-junio 2012, pp 99-114.

McIntosh, P. (1990). The classification of sunspot groups. *Solar Physics*, vol. 125, Feb. 1990, p. 251-267.

Moreno F., Bautista S., Martínez, C., & Agudelo R. (2004). Observación en el visual y H alfa de las regiones activas NOAA 10484 y 10486. *Revista El Astrolabio*, Volumen 3 Número 2.

Moreno, F., Libos S., Ramírez, S. & Santamaría L. (2015). Evolución del ciclo solar 24 durante los años 2012 y 2013. *Revista El Astrolabio*, volumen 14 Número 1

Moreno, F., Cristancho, S. & Vargas S. (2016). The great aurora borealis seen in Colombia in 1859. *Science Direct. Advances in Space Research*. Volume 57, Issue 1, 1 January 2016, Pages 257-267.

Mulders, E. (1947). Sunspot activity during 1947. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, Vol. 59, No. 346, p.12

Newton, H. W. (1948). Council report on solar activity in 1947: Sunspots. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 108, p.122

NOAA, Space weather highlights 2014, PRF 2000-2053. Recuperado de <http://www.swpc.noaa.gov/ftpdir/warehouse/2014/>

NOAA, Space weather highlights 2015, PRF 2054-2105. Recuperado de <http://www.swpc.noaa.gov/ftpdir/warehouse/2015/>

Phillips, K. (1992). *Guide to Sun*. Cambridge: University Press. pp. 188,366.

Sun, X., Bobra, M., Hoeksema, T., Liu, Y., Li, Y., Shen, C., Couvidat, S., Norton, A., & Fisher G. (2015). ¿Why is the Great Solar Active Region 12192 Flare-Rich But CME-Poor? *Astrophysical Journal*; Subjects: Solar and Stellar Astrophysics. *ApJL*, 804, L28.