

EL #24 CICLO SOLAR

EVOLUCIÓN DEL CICLO SOLAR NO 24 A PARTIR DE OBSERVACIONES REALIZADAS DESDE EL GIMNASIO CAMPESTRE

Fredy Moreno¹, Santiago Patiño y ² Emilio Wills²,
1. Director del Centro de Estudios Astrofísicos,
Gimnasio Campestre 2. Jóvenes investigadores
CEAF, Gimnasio Campestre;

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

Recibido: 1 de marzo de 2021
Aprobado: 29 de marzo de 2021



Fotografía: Gimnasio Campestre

RESUMEN

En este artículo se presenta el resumen de las observaciones solares realizadas entre diciembre de 2008 y diciembre de 2019, periodo que corresponde al Ciclo Solar No 24, desde el Observatorio Julio Garavito Armero del Gimnasio Campestre. Este ciclo duró once años y mostró un nivel de actividad notablemente inferior a los ciclos anteriores. El máximo solar presentó una forma binodal y alcanzó un valor de 96 para el primer pico en agosto de 2012 y de 102 para el segundo pico en octubre de 2014; estas cifras se calculan a partir del promedio móvil de trece meses del Número de Wolf mensual. A pesar de su baja actividad se observaron regiones interesantes como la AR12192, que generó cinco destellos tipo X y alcanzó un área de 2740 MM, convirtiéndose en la región más extensa en los últimos 35 años.

Palabras clave: ciclo solar, destellos, regiones activas, Número de Wolf.

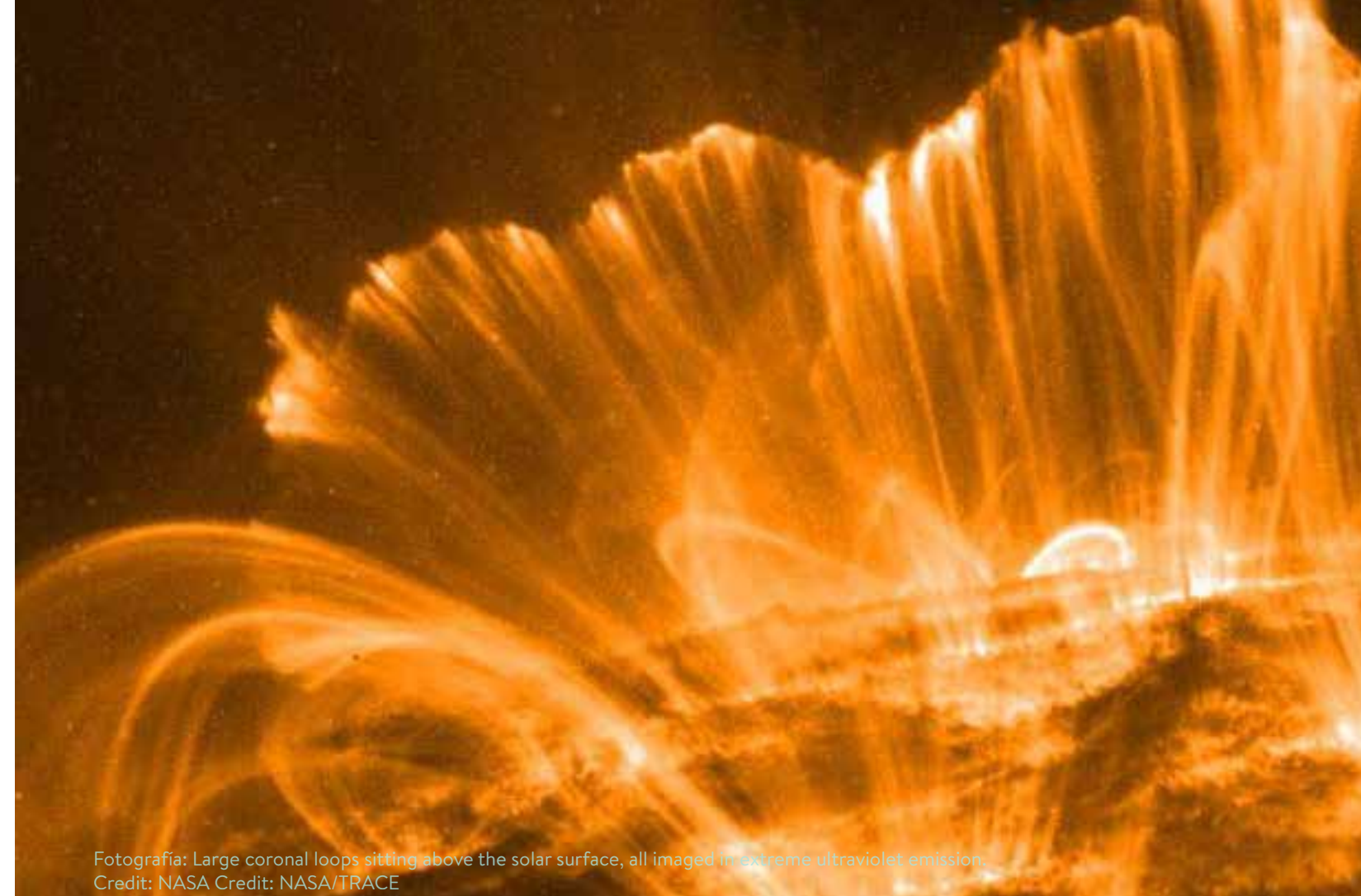
SUMMARY

This article presents a summary of the solar observations made from the Julio Garavito Armero Observatory at Gimnasio Campestre between December 2008 and December 2019; this period corresponds to Solar Cycle No. 24. It was an eleven-year cycle that showed a considerably lower level of activity than previous cycles. The solar maximum presented a binodal shape, reaching a value of 96 for the first peak in August 2012 and 102 for the second peak in October 2014; these estimates are made from the thirteen-month moving average of the monthly Wolf Number. Despite its low activity, researchers observed interesting regions such as AR12192, which generated five X-type flares and reached an area of 2740 MM, becoming the most extensive region in the last 35 years.

Keywords: Solar cycle, flares, active regions, Wolf Number.

INTRODUCCIÓN

El observatorio Julio Garavito Armero del Gimnasio Campestre empezó el seguimiento a la actividad solar en el 2001, año que coincide con el inicio de la fase declinante del Ciclo 23 y cuyo final ocurrió en el 2008. Este ciclo fue uno de los más extensos, ya que duró 12,3 años y fue origen de algunos de los fenómenos más recordados de la Heliofísica. Tal es el caso del poderoso destello ocurrido el 14 de julio del año 2000, clasificado como X5.7, que lanzó una rápida nube de protones y generó una tormenta geomagnética que afectó nuestro planeta por varias horas (Royslanc, 2000). El 1 de abril de 2001, otra gran eyección de masa coronal generó auroras boreales que fueron vistas hasta el sur de México; al día siguiente se produjo un destello clasificado como X20.0, uno de los más poderosos observados, que por fortuna no afectó la Tierra. En octubre de 2003, un destello X17.2, generó una nube de plasma que alcanzó una velocidad de 2125 Km/s y produjo auroras que se vieron hasta el sur de Texas y la Florida. El 4 de noviembre se produjo el destello solar más energético de la historia reciente, clasificado como X27.0, que alcanzó la increíble velocidad de 2700 km/s. Afortunadamente, la Tierra no fue afectada en forma importante; se produjeron auroras en zonas de latitudes medias. Este periodo de intensa actividad estuvo relacionado con gigantescas regiones activas visibles a simple vista llamadas AR10484 y AR10486 (Golpaslwamy et al, 2005). El 26 junio de 2003 se logró la primera secuencia de imágenes de una protuberancia producida por un destello captada desde Colombia (Moreno, et al., 2003).



MÉTODO Y EQUIPOS

Para las observaciones y el conteo de las regiones activas y las manchas solares entre los años 2009 y 2019, se utilizó el telescopio Meade; este tiene 30 centímetros de diámetro y 3000 milímetros de distancia focal y cuenta con un filtro de vidrio Thousand Oaks y un ocular de 25 mm. La observación en H alfa, que permite identificar protuberancias, filamentos y destellos solares, se realizó a través del telescopio Coronado Solarmax, con 60 milímetros de diámetro y 400 milímetros de distancia focal. Las imágenes se tomaron con las cámaras Celestron Skyris y Canon EOS XS.

Las regiones activas son zonas de la atmósfera solar situadas entre la fotosfera y la corona, asociadas con la emergencia

de campos magnéticos subfotosféricos que producen las manchas. Estas zonas pueden mostrar o no manchas y tienen diversos tamaños y duración. Por lo general, en ellas se observa actividad cromosférica y algunas veces, protuberancias, destellos y eyecciones de masa coronal (Phillips, 1992). La actividad solar puede evaluarse a partir del conteo de las regiones activas y del número total de manchas que se observa cada día. Estos datos sirvieron para calcular el Número de Wolf (R_z) donde (g) es el número de regiones activas y (n) el número total de manchas según la siguiente ecuación: $R_z = 10 \cdot g + n$. Los datos fueron tomados a diario y según lo permitieron las condiciones meteorológicas; se almacenaron en una tabla de Excel, en la cual se calculó el promedio mensual de R_z . A partir de la observación, también se clasificaron las regiones activas según el método de Zúrich mejorado (McIntosh, 1990) que cataloga las manchas según su estructura en los siguientes tipos: A, B, C, D, E, F, G, H y J (Phillips, 1992).

La estructura magnética de una región solar se establece según el grado de complejidad en (β) bipolar, (γ) compleja y ($\beta\gamma\sigma$) muy compleja. Las regiones activas producen destellos o fulguraciones; es decir, una liberación explosiva de energía dentro de una región activa, lo que da lugar a una amplia gama de fenómenos en radiación electromagnética y de expulsión de partículas con duración de minutos a un día. Los destellos se clasifican en tipo C, M y X. El M alcanza sólo una décima parte del X. El tipo C se define de manera equivalente. Los más brillantes están asociados con regiones activas complejas y tienden a ocurrir cuando la región está creciendo más rápido (Beck et al., 1995). El área de estas regiones, expresada en millonésimas de hemisferio (MM) y el número de destellos producidos por cada región fueron

consultados en los reportes semanales de la NOAA (NOAA, 2009) a (NOAA, 2019). A continuación, se presenta un resumen de la actividad solar durante el periodo 2009 a 2019 que corresponde a la totalidad del Ciclo No 24. Se tomaron como referencia cuatro artículos anteriores, también realizados a partir de observaciones hechas en el Gimnasio Campestre y se complementaron con datos de la NOAA.



Fotografía: Gimnasio Campestre

DATOS Y ANÁLISIS

Para cada mes se presenta el promedio mensual del Número de Wolf (Rz) obtenido a partir de observaciones diarias a lo largo de once años. Los datos del área de las regiones activas y cantidad de destellos se obtuvieron del reporte semanal de la NOAA.

Durante 204 días del año 2008, no se observaron manchas desde el observatorio del Gimnasio Campestre; el dato oficial de días fue de 266 días. Con la aparición de las regiones AR11007 y AR11008 (NOAA, 2008) a principios de noviembre de 2008, con escasas ocho y cuatro manchas respectivamente y una polaridad invertida con respecto a las regiones activas del Ciclo 23, se da inicio al nuevo ciclo solar, con un primer valor del Número de Wolf de 3,47. En diciembre, la mayor parte del mes careció de regiones activas, a excepción de la AR11009 que fue visible por cuatro días lo que generó un Número de Wolf de 0.68.

Año 2009

Durante este periodo se hicieron 255 observaciones, de las cuales en 191 el Sol no mostró manchas. El Número de Wolf más alto durante este año se presentó en diciembre, con un valor de 14,5; cabe resaltar que durante los otros meses fue menor a 1. La primera región importante durante este año fue la AR11019, que alcanzó un área de 80 MM dentro de la cual se contaron nueve manchas. Otra región interesante fue la AR11029: con un área de 260 MM, produjo los siete primeros destellos del Ciclo No 24 (Libos et al., 2012).

Año 2010

El periodo se considera como la fase inicial del Ciclo Solar No. 24; sin embargo, se observó un destello tipo X y numerosas protuberancias. El mes con el Número de Wolf más alto fue septiembre, con un valor de 37,8 mientras que el menor fue abril con 9,8.

Enero presentó un aumento respecto al Número de Wolf (Rz) promedio de los años anteriores, con 14,6. La región más importante fue la AR11040, que alcanzó un área de 300 MM. Durante febrero, el Rz tuvo un valor de 24,8; la región más importante fue la AR11045 con un área de 420 MM, fuente de 24 destellos tipo C y ocho del tipo M (NOAA, 2010). El mes de marzo tuvo un Rz de 23,05 debido a dos regiones activas: la AR11057 con 770 MM de superficie (Figura 1), dentro de la cual se generó el primer destello tipo X de este ciclo, cuatro del tipo M y 27 C. La AR11054 de tamaño similar generó 38 destellos tipo C y cinco M. En los siguientes cuatro meses la actividad disminuyó levemente. El 6 de mayo se observó una extensa protuberancia, posiblemente relacionada con una eyección de masa coronal generada el día anterior. El 18 de mayo se vio otra protuberancia relacionada con un filamento que llegó a medir más de cien mil kilómetros. En agosto, el Número de Wolf tuvo un promedio de 33,6 (Libos et al., 2012). La región más activa fue la AR11063 que presentó 33 destellos tipo C, tres M y uno X. El 1 de agosto, la región AR11092 generó un destello C3.0, que a su vez produjo varios filamentos sobre el hemisferio norte del Sol. Una eyección de masa coronal relacionada con este evento golpeó la Tierra y generó una tormenta geomagnética y avistamiento de auroras en Iowa y Wisconsin en los Estados Unidos (Spaceweather, 2010)



Figura 1



Figura 2

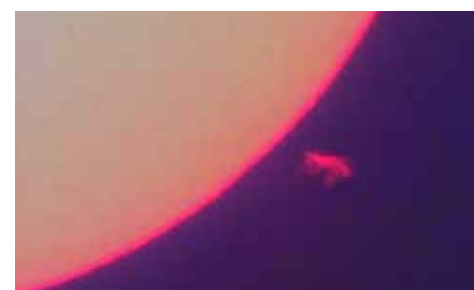


Figura 3



Figura 4



Figura 5



Figura 6



Figura 7



Figura 8



Figura 9



Figura 10



Figura 11

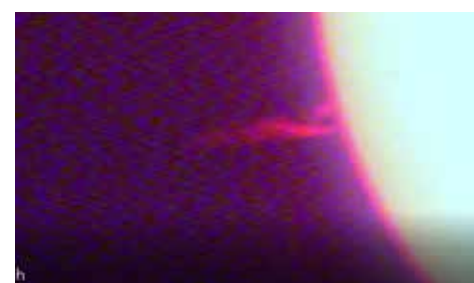


Figura 12



Figura 13



Figura 14



Figura 15



Figura 16



Figura 17



Figura 18



Figura 19



Figura 20



Figura 21

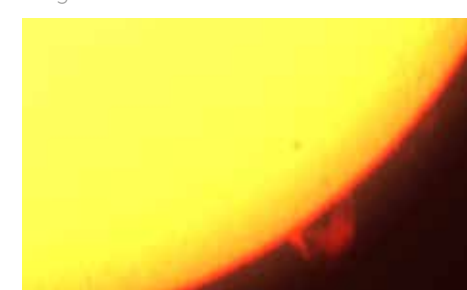


Figura 22



Figura 23



Figura 24

Figura 1. Región AR11057, imagen del 27 de marzo de 2010. **Figura 2.** Protuberancia del 28 de octubre de 2010. **Figura 3.** Eyección de masa coronal de 19 de noviembre de 2010. **Figura 4.** Protuberancia del 9 de diciembre de 2010. **Figura 5.** Región AR11158 del 17 de febrero de 2011. **Figura 6.** Región AR11164 del 8 de marzo de 2011. **Figura 7.** Región AR11166 del 11 de marzo de 2011. **Figura 8.** Región AR11302 vista el 23 de septiembre de 2011. **Figura 9.** Protuberancia solar del 29 de junio de 2012. **Figura 10.** Región AR11618 vista el 21 de noviembre de 2012. **Figura 11.** Región AR11726 observada el 22 de abril 2013. **Figura 12.** Protuberancia activa del 17 de junio de 2013.

Figura 13. Región AR11861 vista el 15 de octubre de 2013. **Figura 14.** Región AR11967 vista el 4 de febrero de 2014. **Figura 15.** Región AR12192 vista el 23 de octubre de 2014. **Figura 16.** Región AR12192 en H alfa del 25 de octubre de 2014. **Figura 17.** Región AR12297 vista el 11 de marzo de 2015. **Figura 18.** Protuberancia quiescente observada el 26 de marzo de 2015. **Figura 19.** Protuberancia quiescente vista el 23 de abril de 2015. **Figura 20.** Región AR12339 vista el 8 de mayo de 2015. **Figura 21.** Región AR12367 vista el 17 de junio de 2015. **Figura 22.** Protuberancia activa del 2 de febrero de 2016. **Figura 23.** Protuberancias del 23 de enero de 2017. **Figura 24.** Protuberancia activa del 20 de febrero de 2017.



Figura 25



Figura 26



Figura 27



Figura 28



Figura 29



Figura 30

Figura 25. Regiones AR12673 y AR12674 vistas el 3 de septiembre de 2017. **Figura 26.** Protuberancia vista entre el 19 y el 21 de octubre de 2017. **Figura 27.** Protuberancia observada el 2 de marzo de 2018. **Figura 28:** Protuberancia del 28 de octubre de 2018. **Figura 29.** Región AR12738 vista el 11 de abril de 2019. **Figura 30.** Región AR12740 vista el 7 de mayo de 2019.

Durante el último trimestre del año, el valor de Rz disminuyó nuevamente. La región AR11112, observada entre el 11 y el 20 de octubre, produjo siete destellos del tipo C y uno del tipo M. Se clasificó como tipo E y desarrolló un área de 180 MM. La región más extensa fue la AR11117 con 550 MM, dentro de la que se contaron hasta 14 manchas solares, y cuya actividad generó cinco destellos del tipo C. El 28 de octubre se observó una protuberancia alta y delgada que alcanzó una altura de 80 000 kilómetros (Figura 2). Noviembre se caracterizó por tener la mayor cantidad de zonas activas de 2010, con un Número de Wolf de 31,5. Dentro de estas, sobresalió la región AR11121, con un área de solo 90 MM; generó tres destellos M, nueve del tipo C y se convirtió en una de las más activas del año. El

19 de noviembre se observó en H alfa una eyección de masa coronal sobre el limbo suroccidental del Sol (Figura 3). El 9 de diciembre se observó otra gran protuberancia que abarcó cerca de 17 grados del limbo suroccidental del Sol con una altura aproximada de 90 000 Kilómetros (Figura 4).

Año 2011

Durante este año, el Sol mostró un gran incremento en su actividad debido al mayor número de regiones activas vistas hacia el final. Durante febrero, marzo, agosto, septiembre, octubre y noviembre se produjeron destellos tipo X, fenómenos que no se producían en tal cantidad desde 2006.

Durante enero el Rz alcanzó el valor de 22,4; la región más destacada fue la AR11149. En ella se generaron ocho destellos tipo M (NOAA,2011). Febrero presentó un Número de Wolf de 36,8 (Libos et al., 2012); la región AR11158 (Figura 5) se destacó debido a los 48 destellos tipo C, seis del tipo M y uno tipo X2.2 que generó un fuerte bloqueo en radio (Spaceweather, 2011).

En marzo la actividad se incrementó de manera notable; alcanzó un Rz de 73,9 y la región más importante fue la AR11164 (Figura 6), con un área de 770 MM,. En ella se produjeron 38 destellos tipo C y cinco M (Libos et al., 2012). La región AR11166, de similar tamaño, generó 27 destellos tipo C, cuatro del tipo M y un destello X1.5 (Figura 7). Las eyecciones de masa coronal de estas explosiones produjeron auroras que se vieron hasta la frontera entre Canadá y Estados Unidos. También se observó una gran protuberancia, cuya longitud alcanzó unos 80 000 kilómetros. Abril se mantuvo en un Número de Wolf alto, con un valor de 79,6, el

mayor del primer semestre (Libos et al., 2012); la región más importante fue la AR11190, con 20 manchas que produjeron 24 destellos tipo C y uno M.

Junio presentó un Número de Wolf de 50,5 donde se destacó la región AR11236 debido a que generó un destello tipo M y siete del tipo C. El 16 de junio se observó una protuberancia relacionada con la región AR11236 (Libos et al., 2012). En agosto, el Rz se incrementó hasta un valor de 70,2. Durante este periodo sobresalió la región AR11263, con una superficie de 720 MM y fuente de 33 destellos tipo C, tres del tipo M y uno tipo X6.9. La fuerte actividad solar de ésta región generó eyecciones de masa coronales que permitieron observar auroras en el norte de los Estados Unidos y en Canadá.

Durante septiembre la actividad solar se elevó notablemente hasta un Rz de 106,7 (Libos et al., 2012). La región más importante durante este mes fue la AR11283, que produjo veinte destellos, dentro de los cuales hubo dos del tipo X, clasificados como X2.1 y X1.8; las eyecciones de masa coronal producidas por estas explosiones permitieron ver auroras boreales en los estados de Vermont, North Dakota y Washington. Durante la última semana de septiembre se observó la región AR11302, una de la más extensas, con un área de 1300 MM (Figura 8): presentó dos destellos tipo X, junto a 32 del tipo C y 17 tipo M.

En octubre el Número de Wolf continuó su ascenso y alcanzó un valor de 111,0. La región AR11319 fue una de las más extensas durante este periodo, con un área de 430 MM: originó 24 destellos tipo C y uno del tipo M. Noviembre se caracterizó por ser el mes con mayor Rz del año y de todo el Ciclo 24, con un valor de 136,1. A mediados del mes se contaron hasta

doce regiones activas. Sobresalió la AR11339, que produjo un destello tipo X1.9, nueve del tipo M y 38 tipo C, dentro de un área de 1540 MM, siendo la región la más extensa del ciclo hasta la fecha (Libos et al., 2012). Durante diciembre, Rz llegó a un valor de 94,7. La región más importante fue la AR11376, que produjo 14 destellos tipo C dentro de un área de 440 MM. Además, en este mes se observó una protuberancia que alcanzó una altura de 80 000 kilómetros.

Año 2012

Durante este año se alcanzó el primer pico del máximo solar, específicamente en agosto, con un valor de 96.6 utilizando el promedio móvil de 13 meses. Según las observaciones hechas desde el Gimnasio Campestre, el valor máximo del promedio mensual ocurrió en noviembre anterior con un valor de 136,6. En este año la actividad magnética siguió alta; sobresalió la AR11520, donde se generaron cinco destellos del tipo X y una eyección de masa coronal muy rápida que podría haber causado una tormenta geomagnética muy fuerte. Por fortuna, la Tierra ya había transitado hace varios días por donde pasó la CME.

Enero tuvo un Rz de 89.07 (Libos et al., 2012) gracias a que se contaron hasta once regiones activas. Entre ellas sobresalieron: la AR11402, la más extensa de este periodo con 630 MM, que generó un destello tipo X1.1, dos del tipo M y nueve del tipo C; la AR11389, que alcanzó un área de 560 MM, dentro de la cual se produjeron 29 destellos tipo C y cinco del tipo M. Durante febrero hubo un descenso notable en la actividad solar, con un Rz de 44.1 y solo una región con escasa actividad: la AR11419 que produjo cuatro destellos tipo C. En marzo, la actividad se elevó nuevamente gracias

a la AR11429, con un área de 1270 MM y originó catorce del tipo M, 32 del tipo C y dos del tipo X. Uno de estos se clasificó como X5.4; este causó una tormenta geomagnética moderada.

En el mes de abril, el Número de Wolf llegó a 106,1 debido a que aumentaron el número de regiones activas (Moreno, et al., 2015). La más importante fue la AR11465, que alcanzó un área de 400 MM y produjo 15 destellos tipo C. Durante mayo, el Rz fue de 103 gracias a que aparecieron hasta diez regiones activas, entre ellas la AR11476 produjo 87 destellos tipo C y once del tipo M dentro de un área de 1500 MM.

En junio, el Número de Wolf fue de 98,6. La región más importante fue la AR11504, que produjo 39 destellos tipo C y cinco del tipo M. Durante este mes se observaron varias protuberancias, indicio de la gran actividad del periodo (Figura 9). En julio el Rz fue de 73.3 (Moreno et al., 2015). La región activa más importante durante este período fue la AR11515 que alcanzó un área de 900 MM y produjo 35 destellos tipo C y 15 M, y uno X1.1. La AR11520 generó 26 destellos tipo C, cinco del tipo M y uno X1.4. El 23 de julio se observó una eyección de masa coronal generada por esta región, con una velocidad inicialmente calculada en 3.400 Km/s. Estos fenómenos son muy raros y su intensidad fue comparable con el Evento Carrington en 1859; por fortuna, la Tierra no estaba en la posición donde la eyección cruzó nuestra órbita. (Spaceweather, 2012). Agosto presentó un Número de Wolf de 89,8 (Moreno et al., 2015). En este periodo las regiones más importantes fueron: la AR11542, que presentó 33 destellos tipo C y uno tipo M con un tamaño de 190 MM y a la AR11532, con catorce destellos tipo C y tres tipos M.

Durante septiembre la actividad solar se mantuvo dentro de los mismos niveles de agosto, con un Rz de 96.6; la región AR11560 sobresalió y alcanzó un tamaño de 500 MM. Esta produjo 18 destellos tipo C y uno tipo M. En octubre se presentó un leve descenso en Rz, con un promedio de 75,8. La única región notable del mes fue la AR11598, que alcanzó un tamaño de 420 MM, una estructura *beta gamma*, a partir de la cual se generaron 24 destellos tipo C, tres del tipo M y uno X1.8 (Moreno et al., 2015).

En noviembre el Número de Wolf ascendió a 99,9 (Moreno et al., 2015). Las regiones más notables fueron; la AR11620 que gracias a su rápido desarrollo produjo una configuración beta, gamma delta que fue origen de 29 destellos tipo C y tres del tipo M. De actividad similar, la AR11618 generó 25 destellos tipo C y cuatro del tipo M (Figura 10). El último mes presentó un declive del Número de Wolf con un promedio de 51,1. La región más importante durante este mes fue la AR11635 que alcanzó quince destellos tipo C.

Año 2013

Este período corresponde al máximo solar y como tal, se produjeron fenómenos interesantes. Uno de ellos sucedió el 13 de mayo, en el cual la AR11748 que generó tres destellos tipo X en menos de 24 horas. En la mayoría de los meses se contaron más de diez regiones activas y no se observaron días sin manchas.

El año empezó con un Rz de 67 y en febrero la cifra fue de 58,1 (Moreno et al., 2015), con regiones poco extensas y pobre actividad magnética. Marzo presentó un nuevo ascenso en la actividad, con un número de Wolf de 91,2. Aunque el número

de manchas aumentó no hubo ninguna región importante en términos de destellos.

Durante abril, la actividad se incrementó a un Rz de 106.8, la región más importante fue la AR11726 con 1000 MM (figura 11), dando origen a un destello del tipo M y 56 tipo C. Para mayo se calculó un Rz de 113,5. Durante este mes se destacó la región AR11748, que, pese a un tamaño de 310 MM, desarrolló una estructura beta gamma delta, que generó 19 destellos tipo C, cinco del tipo M y cuatro destellos tipo X así: X1.8, X2.7, X3.2 y X1.0 (NOAA, 2013), convirtiéndose en una de las regiones más activas del Ciclo No 24. La AR11745 produjo quince del tipo C, tres destellos M dentro de los cuales, uno M5 de larga duración y una eyección de masa coronal, que desencadenó un evento de protones energéticos que duró casi tres días (Spaceweather, 2013).

Junio tuvo un Rz de 73,3 y sola una región interesante, la AR11775, con una extensión de 410 MM y una estructura tipo D, (Moreno et al., 2015) que generó once destellos del tipo C. El 17 de junio se produjo una gran actividad cromosférica sobretodo en el borde oriental del Sol, a raíz de esta situación se vio una protuberancia activa que alcanzó más de 150000 kilómetros de altura (figura 12). Julio presentó un Número de Wolf de 78.8. Las regiones más activas durante este mes fueron: la AR11787 cuya estructura magnética beta gamma delta, produjo 23 destellos tipo C y uno del tipo M, en un área de solo 220 MM. La Región AR11785 con un área máxima de 720 MM produjo 36 destellos tipo C.

Durante agosto la actividad solar fue alta, con un Número de Wolf de 93,3. La región más activa durante este mes fue la AR11818, con doce destellos tipo C y dos del tipo M. En

septiembre se observó un gran declive del valor de Número de Wolf hasta llega a un valor de 46,5 (Moreno et al.,2015). La región más importante durante este mes fue la AR11850, con nueve destellos tipo C y un área de 180 MM. Durante octubre, el Número de Wolf volvió a subir presentando un valor de 104,1. Las regiones más importantes durante este mes fueron la AR11861, con 480 MM, la cual generó 49 destellos tipo C y uno tipo M (figura 13). La segunda región más importante fue la AR1865, que generó 18 destellos tipo C y cuatro del tipo M. A principios de noviembre se observó la segunda vuelta de la región AR11865 esta vez como AR11899. Este mes tuvo un Número de Wolf de 116,9, debido a once regiones, sin embargo, no produjeron destellos importantes. En diciembre, se obtuvo un promedio de Rz de 120,8. La región más importante durante las observaciones fue la AR1928 que generó 19 destellos tipo C y seis del tipo M (Moreno et al.,2015).

Año 2014

Durante el primer semestre se contaron días con más de once regiones, mientras que en el segundo la actividad disminuyó. En octubre se presentó el segundo pico del máximo solar utilizando el promedio móvil de 13 meses. A partir de este mes comenzó la fase declinante del ciclo. En este mes también apareció la región AR12192, que produjo 73 destellos tipo C, 35 tipo M y cinco del tipo X (NOAA,2014). Dicha región alcanzó un área de 2740 MM, la de mayor extensión en los últimos 35 años y pudo observarse a simple vista. El Rz más alto de este año se presentó en febrero con 118.3 el segundo más elevado del ciclo. No se observaron días sin manchas solares.

La región más activa en enero fue la AR11944 vista en el hemisferio sur, origen de 42 destellos tipo C, siete del tipo M y uno del tipo X. Su área alcanzó los 1500 MM con una estructura tipo F. Durante febrero la actividad fue muy alta, dentro de la que se resalta la región AR11967 por su compleja configuración magnética (*beta gamma delta*): produjo setenta destellos tipo C y 26 tipo M, originados en una superficie de 1580 MM con una estructura del tipo F y dentro de la cual se contaron hasta 32 manchas (Figura 14). El Rz para este periodo llegó a 118,9 (Abril et al.,2017). Otra región importante fue la AR11974, que produjo 33 destellos tipo C y 14 del tipo M. La región más activa durante marzo fue la región AR11990, origen de seis destellos tipo C, dos tipos M y uno tipo X. Al finalizar el mes, la región AR12017 generó 19 destellos tipo C, tres del tipo M y uno del tipo X. El Número de Wolf fue de 100,8 (Abril et al., 2017).

En abril, el Rz llegó a 91,9, sobresalió la AR12035 que produjo 34 destellos tipo C y uno tipo M en un área de tan solo 340 MM y una estructura beta gamma delta. Mayo se caracterizó por tener numerosas regiones activas, la más importante dentro de ellas fue la AR12056 que produjo 21 destellos tipo C y uno tipo M. El Número de Wolf fue de 124,9, el segundo valor más alto de todas las observaciones hechas desde el observatorio del Gimnasio Campestre durante el Ciclo Solar No 24. Junio inicio con la observación de un gran filamento que llegó a medir aproximadamente 500.000 Kilómetros. El Rz fue de 92,64 y la zona más interesante del mes fue la AR12087, origen de tres destellos tipo X y siete del tipo M, a pesar de tener solo un área de 120 MM (Abril et al., 2017).

Julio mostró una disminución del Número de Wolf dejándolo con el segundo número más bajo del año, 84,6. La región

más activa fue la AR12106 con un área muy escasa, 140 MM, que generó nueve destellos tipo C y dos del tipo M. En agosto la actividad solar se elevó a Rz de 92.5 (Abril et al.,2017). Las regiones más activas fueron: AR12149 y con 33 destellos tipo C y dos del tipo M, junto con las regiones AR121130 y AR12146 que originaron catorce destellos tipo C y dos del tipo M. En el mes de septiembre el Rz alcanzó un valor de 98,8. La región más activa durante este tiempo fue la AR12157, que produjo 32 destellos tipo C y dos del tipo M. Esta región se caracterizó por tener un área de 540 MM y por desarrollar una estructura magnética beta gamma delta sobre el hemisferio sur del Sol.

En octubre, se presentó el segundo pico del máximo solar utilizando el promedio móvil de 13 meses, con un valor de 102 y por lo tanto el inicio de la fase declinante del Ciclo 24, Este mes también fue importante por el surgimiento de la región AR12192 (figura 15) que produjo 73 destellos tipo C, 35 tipo M (figura 16) y cinco del tipo X, uno de los cuales fue clasificado X3.0. Esta zona alcanzó un área de 2740 MM, a lo largo de ella se podrían alinear 16 Tierras. Se considera la de mayor extensión en los últimos 35 años y se pudo ver a simple vista. El Número de Wolf fue de 85,1 (Abril et al.,2017). Otra región activa importante fue la AR12182, que generó trece destellos tipo C y tres del tipo M.

En noviembre, se presentó el Rz más bajo del año con un valor de 79,9. A mediados del mes reapareció la región AR12192, en su segunda vuelta al disco solar como la AR12214 (Abril et al.,2017). Produjo 33 destellos tipo C y tres del tipo M y alcanzando un área de 1000 MM. Sin embargo, la región más activa fue la AR12205, que ocupó un área de 410 MM, origen de cuarenta destellos tipo C, trece del tipo M y uno del tipo X. Diciembre presentó un Rz de los más altos del año

y del ciclo, con un valor de 110,7 entre las cuales sobresalió la región AR12242 debido a que produjo cincuenta destellos tipo C, seis del tipo M y uno X (Abril et al.,2017).

Año 2015

En este año inicia la fase declinante del ciclo, mantuvo un Rz mensual cercano a 50 con tendencia a la baja, sin embargo, se observaron regiones muy activas durante todo el periodo como la AR12297 y la AR12339 que generaron destellos del tipo X. No se observaron días sin manchas solares.

Durante los dos primeros meses del año el Rz fue de 88,6 y 57,1 respectivamente (Abril et al.,2017). Para rescatar en este periodo fueron las regiones: AR12268 fuente de 35 destellos tipo C y seis del tipo M y la AR12277, con un área de 510 MM, origen de 36 destellos tipo C y tres del tipo M. Marzo presentó el Número de Wolf más bajo visto desde el 2011 con un valor de 34,3. En este mes sobresalió la región AR12297 que presentó 97 destellos tipo C, veintitrés del tipo M y uno X, convirtiéndose en una de las regiones más activas del Ciclo 24 hasta la fecha (figura 17). El 26 de marzo se vio una gran protuberancia quiescente que alcanzó una altura de seis veces la Tierra y una longitud de treinta veces nuestro planeta (figura 18). Abril presentó un Rz de 55,6; las regiones más importantes fueron la AR12320 y la AR12321. Estas generaron en total 44 destellos tipo C y dos del tipo M (NOAA, 2015). El 23 de abril se vio otra gran protuberancia quiescente resultado de la gran actividad en esa semana (figura 19). Mayo, presentó un Rz de 65,1 (Abril et al.,2017) siendo la región más destacada la AR12339, que alcanzó un área de 900 MM y generó 56 destellos tipo C, dos del tipo M y uno tipo X2.0 (Figura 20).

Para junio se obtuvo un Rz de 58,9 y se vieron dos regiones activas importantes; la región AR12371, que con un área de 1120 MM originó 39 destellos tipo C y seis del tipo M. La AR12367 que generó 31 destellos tipo C y dos del M (Figura 21). En julio, el Número de Wolf disminuyó levemente a 56,1 (Abril et al.,2017). Durante este mes, la región más activa fue la AR12381 que generó 17 destellos tipo C y dos del tipo M.

En agosto y septiembre sobresalieron las siguientes regiones: AR12403, que tuvo un área de 1190 MM, donde se generaron 84 destellos tipo C y once del tipo M y la AR12422, con 62 destellos tipo C y 17 tipo M, y un área de 950 MM. El Rz para los dos meses estuvo cercano a 50 (Abril et al., 2017). En octubre el Número de Wolf fue 48,7; la región más importante fue la AR12634, que produjo 41 destellos tipo C y dos del tipo M, uno de los cuales uno duró tres horas y fue clasificado como C4.4. Noviembre presentó un Rz de 38,6. La región más importante durante este mes fue la AR12443, que produjo 59 destellos tipo C y dos del tipo M. En diciembre, la región más importante fue la AR12473, que produjo 30 destellos tipo C y cinco M y un Rz de 50,5 (Abril et al., 2017).

Año 2016

Durante este año se vieron los primeros 21 días sin manchas, lo que representa el 12,7 % de las observaciones realizadas. Las regiones AR12524, AR12529 y AR12567 sobresalieron. Durante el segundo semestre las regiones observadas disminuyeron en su actividad magnética. El promedio de Rz más alto fue en febrero, que registró un Número de Wolf de 54,64. El mes con el promedio más bajo fue noviembre, con un Rz de 15,0. Sin embargo, hubo regiones que mostraron mucha actividad, como la AR12529 y la AR12567. A partir de

este año se empieza notar la baja en la actividad cromosférica; disminuyen en la cantidad y tamaño de las protuberancias y filamentos observados.

En este primer mes, la actividad bajó respecto al año anterior a un valor Rz de 40,2 (Moreno, et al., 2019) La región más importante de este periodo fue la AR12472, que produjo diez manchas en un área máxima de 170 MM dentro de la cual se generaron 18 destellos tipo C y dos destellos tipo M (NOAA, 2016).

En febrero, la actividad solar subió levemente hasta alcanzar un Rz de 54,56 (Moreno et al., 2019). La región más importante fue la AR12494, donde se observaron 16 manchas en un área de 270 MM. Dicha región generó diez destellos tipo C y alcanzó una estructura de Zúrich tipo D y una disposición magnética beta gamma delta. El 2 de febrero se vio una protuberancia activa, en la que se notó el fenómeno de lluvia de plasma o lluvia coronal (figura 22). En marzo, el Número de Wolf fue 34,91 (Moreno et al., 2019) y fueron escasas las regiones que produjeron destellos importantes; se destacó la región AR12524 por ser origen de 45 destellos tipo C y siete del tipo M. En abril, el Rz continuó a la baja hasta un valor de 32,64, siendo la región más importante la AR12529 que generó 36 destellos tipo C en un área de 540 MM.

Durante mayo, se alcanzó un Rz de 35,1; se destacaron dos regiones: la AR12543 con un área de 110 MM y la AR12544 con 160 MM, las cuales produjeron 12 destellos tipo C cada una (Moreno et al., 2019). En junio se presentó el Número de Wolf más bajo desde abril de 2010 debido a la falta de manchas en cuatro días, registrando un Rz de 15,3. Se destacó la región AR12550, que produjo seis manchas en una reducida área de 20 MM, pero sin destellos. En julio, la actividad solar volvió

a crecer levemente y presentó un Rz de 22.0 (Moreno et al., 2019), aunque se vieron seis días sin manchas. La región más destacada fue la AR12567, que produjo 45 destellos tipo C, siete del tipo M dentro de un área de 540 MM. En agosto y septiembre la actividad solar cayó notablemente. La región más importante fue la AR12585, que produjo 25 manchas en un área de 590 MM y generó tres destellos tipo C; la región la AR12587 hizo presencia con un total de 13 manchas dentro de su área de 120 MM. En octubre, el Número de Wolf fue de 29,9; sobresalió la AR12599, con un área de 460 MM y 12 manchas (Moreno et al., 2019).

Durante noviembre, la actividad volvió a bajar hasta un Rz de 15,06. La región más importante fue la AR12615, con 270 MM y 15 manchas, que produjeron doce destellos tipo C y dos del tipo M. En diciembre, el Rz fue de 17,2 (Moreno et al., 2019). La AR12612 sobresalió: alcanzó una extensión de 460MM, pero no produjo destellos.

Año 2017

El año 2017 mostró Rz bajos, con fluctuaciones entre 36,38 en septiembre y 9,0 en octubre. Los días sin manchas solares se incrementaron notablemente al final del año. En total se observaron 77 días, es decir el 38,9 % de las observaciones hechas en el período.

Enero presentó un Rz de 22,6 (Moreno et al., 2019) con solo dos regiones importantes: la AR12626 y la AR12628, ambas con un área de 220 MM. Sin embargo, no produjeron destellos (NOAA, 2017). En febrero la actividad baja continuó, con un Rz de 15,5 (Moreno et al., 2019). Las dos regiones más importantes fueron la AR12635, que originó

tres destellos tipo C y la AR12638 con un área de 150 MM, con igual cantidad de destellos. Durante este período hubo numerosas eyecciones de masa coronal por lo que la actividad cromosférica aumentó y se observaron numerosas protuberancias (Figura 23) y filamentos. Algunos de los más notables sucedieron el 17 de febrero (Figura 24).

Marzo tuvo un Número de Wolf promedio de 11,3 (Moreno et al., 2019), uno de los más bajos del año, debido a la ausencia de manchas por once días. No obstante, se destacan las regiones AR12644, con una gran actividad: produjo veinte destellos tipo C y cuatro del tipo M y se clasificó como tipo E, con un área de 240 MM. También fue muy activa la región AR12645, con un área de 700 MM, origen de treinta destellos tipo C.

En abril el Rz fue de 23,8 (Moreno et al., 2019); la región más importante fue la AR12651, con un área de 150 MM, fuente de tres destellos tipo C. Mayo se caracterizó por tener uno de los Números de Wolf más bajos del ciclo hasta la fecha, debido a que se observaron siete días sin manchas solares; se produjo un Rz de 9,9. La región más activa fue la AR12659, con un área de 220 MM, que generó dos destellos tipo C. El 23 de mayo se pudo observar una protuberancia que se mantuvo por dos días.

Junio tuvo un Rz de 16.5 (Moreno et al., 2019) con solo una región importante: la AR12661, con 200 MM, que generó 17 destellos tipo C. La actividad cromosférica también fue baja; se resaltan dos largos filamentos que superaron los 300,000 kilómetros. Julio presentó un Número de Wolf aún más bajo, debido a nueve días sin manchas solares, siete de los cuales fueron continuos, lo que produjo un Rz de 5,46 (Moreno et al., 2019). La región más destacada durante este mes fue la

AR12665 que generó 22 destellos tipo C y dos del tipo M con un gran tamaño de 710 MM.

En agosto, el Número de Wolf subió hasta un valor de 23,78 (Moreno et al., 2019). La región más importante de este mes fue la AR12671 con un área de 430 MM y 31 manchas, donde se produjeron veinte destellos tipo C. Para septiembre, el Rz fue de 36,3; sobresale la región AR12673, con un área de 1060 MM y 33 manchas. Esta zona fue origen de 54 destellos tipo C, 26 del tipo M y cinco del tipo X, uno de los cuales se clasificó como X9,5, el más energético de todo el ciclo, por lo que esta zona es una de las más activas. La AR12674 presentó 34 manchas dentro de una extensión de 930 MM, donde solo ocurrieron trece destellos del tipo C (Figura 25). En octubre, el Número de Wolf disminuyó considerablemente, debido a diez días sin manchas, por lo que su valor llegó a 9.0 (Moreno et al., 2019). La región más destacada fue la AR12685 que produjo un destello tipo M. El 19 de octubre apareció una protuberancia quiescente sobre el limbo noreste del Sol, visible por dos días (Figura 26). Durante los meses de noviembre y diciembre el Rz siguió bajo, como habría de esperarse, debido a que durante estos meses se contaron 16 y 14 días sin manchas respectivamente.

Año 2018

Durante este año se vio reflejada la parte final del ciclo solar; mostró Números de Wolf muy bajos debido al incremento en el número de días sin manchas, que alcanzó los 156 días. Es decir, el 83,4% de las observaciones del año. El Rz más alto fue de 17,57 durante el mes de junio. La actividad cromosférica siguió disminuyendo notablemente, tanto en cantidad de como en tamaño de protuberancias (figuras 27 y 28).

En enero, el Rz fue de 4,63; la región más notoria fue la AR12696, que a mediados de enero alcanzó un área de 30 MM, con tan solo tres manchas. Febrero mostró un leve incremento en regiones activas y en sus respectivas áreas. El Número de Wolf fue de 9,2, gracias a la AR12700: a finales de mes llegó a tener un área de 331 MM, con solo cinco manchas tipo B y produjo un destello tipo C (NOAA, 2018). Otra región fue la AR12699; con 240 MM presentó 25 manchas y originó cinco destellos tipo C, mientras que la región AR2698 generó dos destellos tipo C. Durante marzo no se observaron manchas solares según el registro hecho desde el observatorio del colegio. Abril mostró un incremento en la actividad solar, debido a la región AR12706, que al final del mes presentó un área de 130 MM, situada en el Norte, con una estructura beta y solo tres manchas. El mes alcanzó un Rz de 2,94.

En mayo la actividad solar volvió a aumentar, hasta llegar a un Rz de 6,87. La región más destacada de este mes fue la AR12712: entre el 21 y 28 de este mes, presentó un área de 80 MM sobre el hemisferio norte, con ocho manchas y una clasificación beta gamma. Junio presentó el mayor Número de Wolf con 12,6. La región activa más importante fue la AR12715 en el Norte: entre el 18 y 24 de este mes alcanzó un área de 120 MM, 15 manchas y generó cinco destellos tipo C.

Durante julio no se observaron manchas. Agosto presentó un Número de Wolf de 6,07. La región activa más importante fue la AR12719, que, a finales del mes, alcanzó un área de 40 MM y originó cinco manchas. Otra región destacada fue la AR12720 que, a finales de mes, tuvo un área de 100 MM. Ubicada en el Norte, presentó ocho manchas y una polaridad magnética inversa, indicio que el Ciclo 25 había empezado. Otro evento destacado durante este mes fue la eyección de masa coronal

del 20 de agosto, que generó auroras boreales muy brillantes en Canadá (Spaceweather, 2018).

En septiembre no se observaron manchas y en octubre fueron escasas, lo que se puede corroborar con su bajo Rz, registrando solo 0,72. La única región destacada fue la AR12724, que, entre el 12 y el 22, presentó un área de 20 MM. En noviembre la región activa más importante fue la AR12727, que entre el 15 y 20 de noviembre, presentó un área de 60 MM dentro de la cual se contaron cuatro manchas. En diciembre el Rz fue de 1,89 la región más destacada fue la AR12729, que entre el 5 y el 9 tuvo una superficie de 50 MM en el hemisferio del sur, con siete manchas y una clasificación magnética beta.

Año 2019

Este año marca la etapa final del Ciclo No. 24, durante el que se contaron 161 días sin manchas, lo que representó el 83,4% de las observaciones realizadas. A lo largo de este periodo se observó una progresiva ausencia de manchas y un total decaimiento de su actividad magnética. Los meses de abril y mayo fueron los más activos con Rz de 7,3 y 6,5 respectivamente. El Ciclo Solar 24 terminó en noviembre ya que en diciembre aparecieron dos regiones activas, con polaridad opuesta a la normal, indicio que da comienzo al nuevo ciclo.

Durante enero, la región activa más importante fue la AR12732; durante la primera semana del mes alcanzó un área de 90 MM en el hemisferio norte, seis manchas y un solo destello tipo C (NOAA, 2019). Febrero tuvo una sola región activa importante, la AR12733, que presentó un área de 90

MM, que originó seis manchas y cuatro destellos tipo C. En marzo se presentó un leve incremento en la actividad solar, con un Rz de 5,40. La región activa más importante fue la AR12736, con un área de 420 MM y ocho manchas solares, cuya estructura magnética beta gamma delta produjo doce destellos tipo C. En abril fue la AR12737, con una extensión de 40 MM; se registraron un total de ocho manchas solares (Figura 29). En mayo sobresalió la AR12740 con un área de 240 MM, seis manchas y diez destellos tipo C (Figura 30). Entre junio y julio las regiones activas fueron escasas y poco extensas, con áreas inferiores a 20 MM y baja actividad; entre ellas nombramos la AR12743, AR12744 y la AR12745. Entre agosto y noviembre se observaron cuatro regiones muy pequeñas y sin mayor actividad. Durante diciembre aparecieron dos pequeñas regiones: la AR12753 y la AR2754, que apenas alcanzaron un área de 10 MM con polaridad opuesta, claro indicio del comienzo de un nuevo Ciclo Solar (Spaceweather, 2019).

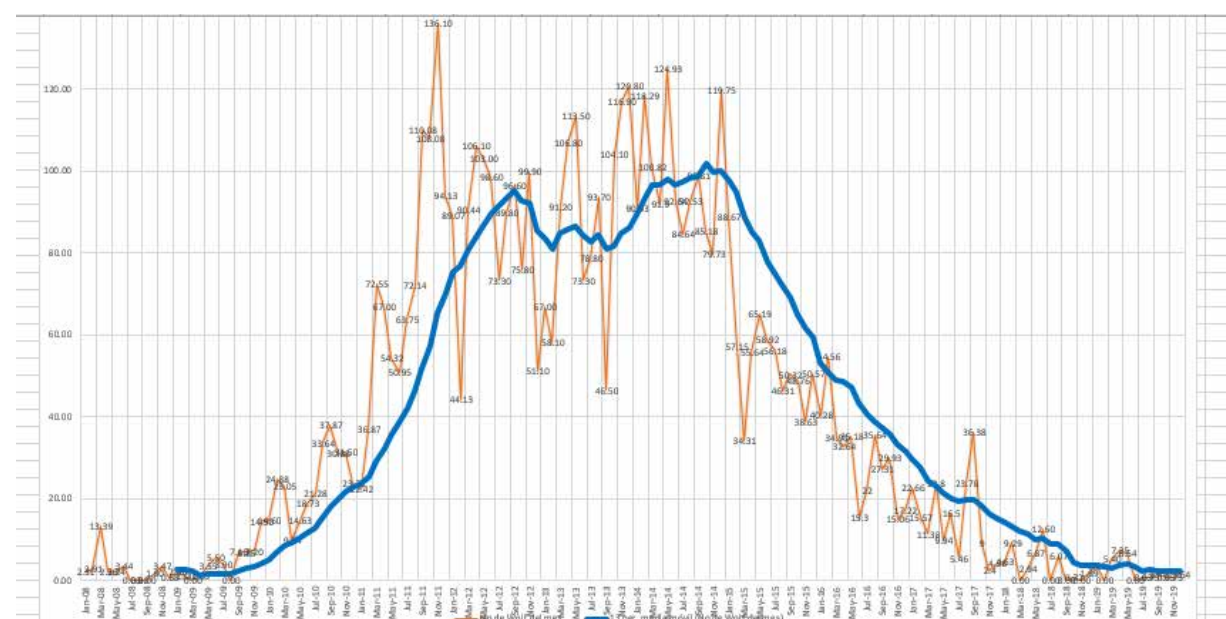


Figura 31. Número de Wolf 2009-2019, suavizado con promedios móviles de 13 meses.

El Ciclo Solar No 24 inició en diciembre de 2008 y terminó en diciembre de 2019; duró once años y según los datos obtenidos desde el observatorio Julio Garavito del Gimnasio Campestre utilizando un promedio móvil de trece meses para el Número de Wolf, mostró un máximo binodal, es decir con dos picos. El primero de los picos sucedió en septiembre de 2012 y segundo en octubre de 2014. El máximo del promedio mensual del Número de Wolf fue de 136,1, valor que se alcanzó en noviembre de 2011. Este ciclo tardó 47 meses en alcanzar este primer pico de actividad; el dato oficial fue de 38 meses, lo cual lo convierte en uno de los más lentos en alcanzar el máximo junto con los ciclos 16,14 y 13, cuya duración fue 40, 42 y 42 meses respectivamente. En agosto de 2012 se alcanzó el máximo del promedio móvil de 13 meses, con un valor de 96: el dato oficial fue de 120 (Figura 31). El valor máximo del promedio móvil del Ciclo No 23 fue de 170 y de 220 para el Ciclo 22 (Clette, 2018), lo que muestra el bajo nivel de actividad del Ciclo 24. Esta situación se vio precedida por un hecho importante: el año 2008 fue el segundo año con más días sin manchas solares (266) del último siglo. El récord lo posee el año 1913 con 311 días.

El máximo solar duró 26 meses, desde agosto de 2012 hasta octubre de 2014 (Figura 31), fecha a partir de la que comienza la fase declinante, cuya duración fue de 59 meses. La actividad solar disminuyó notablemente durante el Ciclo 24 en cuanto a la cantidad de destellos observados respecto al Ciclo 23; por ejemplo, el Ciclo 23 generó 13 236 destellos tipo C mientras que el Ciclo 24 solo produjo 7 771 (Tabla 1). Es decir, se presentó una reducción de 41%. Con respecto a la cantidad de destellos tipo M, la reducción fue del 51% y en Tipo X del 60%. Si se analizan los destellos tipo X desde la energía generada, la situación nombrada es todavía más

diciente: durante el Ciclo N° 23 se generaron tres destellos clasificados uno como +X28.0 (uno) y X20.0 (dos). Además, también se detectaron doce destellos que estaban entre X12.0 y X17.2, mientras que durante el Ciclo No. 24 el destello más energético solo alcanzó una clasificación X9.5 (Wael, et al., 2017).

Año	Destellos C	Destellos M	Destellos X	TOTAL
1997	288	20	3	311
1998	1198	96	14	1308
1999	1860	170	4	2034
2000	2265	215	17	2497
2001	2108	312	21	2441
2002	2319	219	12	2550
2003	1315	160	20	1495
2004	902	122	12	1036
2006	150	10	4	164
2007	73	10	0	83
2008	0	0	0	0
2009	10	0	0	10
2011	1199	111	8	1318
2012	1334	129	7	1470
2013	1357	99	12	1468
2014	1776	207	16	1999
2015	1368	125	2	1495
2016	320	15	0	335
2019	10	0	0	10

Tabla 1. Destellos producidos durante de los ciclos 23 y 24. Fuente: <https://www.spaceweatherlive.com/es/actividad-solar/ciclo-solar.html>

Región	Hemisferio	Área	Tipo C	Tipo M	Tipo X	Periodo
AR11302	norte	1300	32	17	2	2010-2011
AR11158	sur	620	48	6	1	2010-2011
AR11164	norte	770	38	5	0	2010-2011
AR11339	norte	1540	38	9	1	2010-2011
AR11166	norte	770	27	4	1	2010-2011
AR11263	norte	720	33	3	1	2010-2011
AR11261	norte	390	36	5	0	2010-2011
AR11226	sur	360	36	3	0	2010-2011
AR11169	norte	290	20	2	0	2010-2011
AR11402	norte	630	9	2	1	2012 2013
AR11389	sur	560	29	5	0	2012 2013
AR11429	norte	1270	32	14	2	2012 2013
AR11401	norte	540	19	3	0	2012 2013
AR11515	sur	900	72	30	1	2012 2013
AR11476	norte	1050	87	11	0	2012 2013
AR11520	sur	1460	26	5	1	2012 2013
AR11598	sur	420	24	3	1	2012 2013
AR11618	norte	450	25	4	0	2012 2013
AR11620	sur	420	29	2	0	2012 2013
AR12192	sur	2740	73	35	5	2014-2015
AR12205	norte	410	40	13	1	2014-2015
AR12087	sur	220	29	8	3	2014-2015
AR11944	sur	1540	47	7	1	2014-2015
AR12242	sur	1080	51	6	1	2014-2015
AR12017	norte	160	19	3	1	2014-2015
AR11967	sur	1580	70	26	0	2014-2015

Tabla 2. Regiones más activas del Ciclo No. 24 (fuente NOAA)

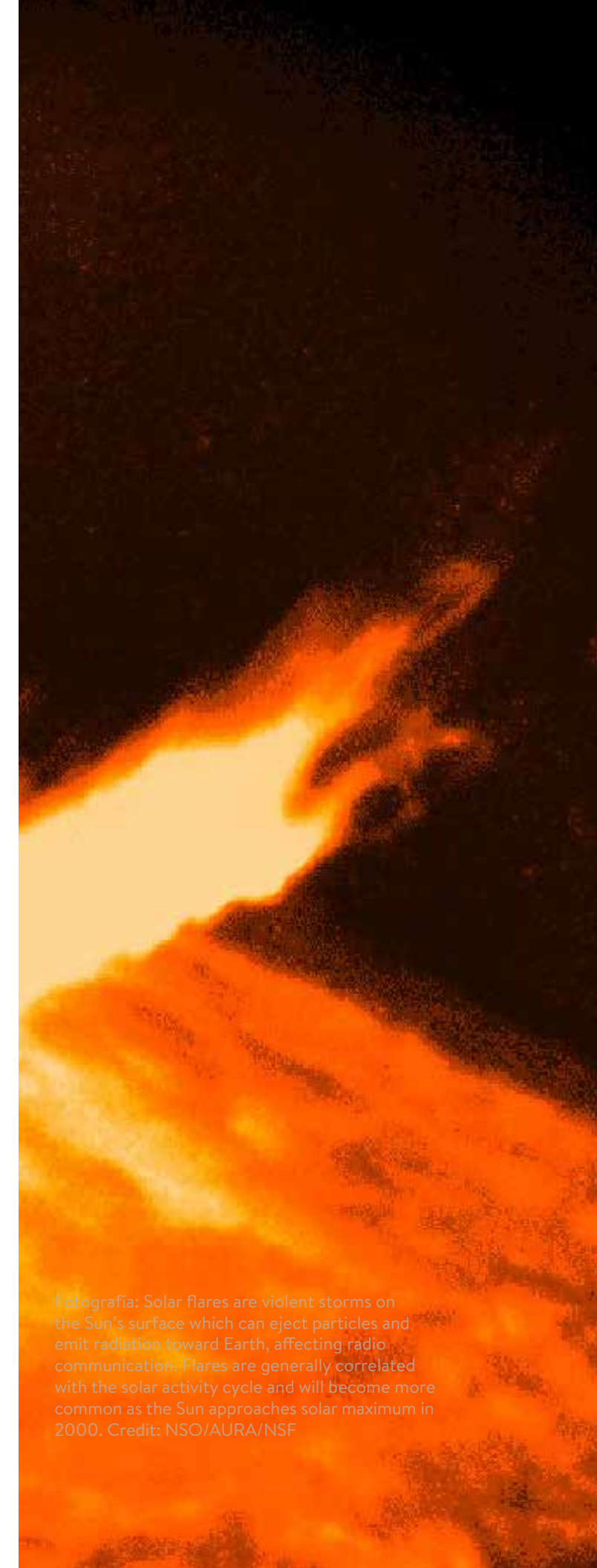
Región	Hemisferio	Área	Tipo C	Tipo M	Tipo X	Periodo
AR11974	sur	990	33	14	0	2014-2015
AR12002	sur	380	29	6	0	2014-2015
AR12222	sur	690	55	5	0	2014-2015
AR11968	norte	740	27	5	0	2014-2015
AR11936	sur	280	29	4	0	2014-2015
AR12209	sur	1000	33	3	0	2014-2015
AR12182	sur	170	13	3	0	2014-2015
AR12673	sur	1060	54	26	5	2016-2017
AR12567	norte	510	45	7	0	2016-2017
AR12473	sur	590	30	5	0	2016-2017
AR12644	norte	240	20	4	0	2016-2017
AR12497	norte	240	16	3	0	2016-2017

Tabla 2. Continuación

Otro fenómeno interesante que ocurrió a lo largo de cada fase del ciclo solar es el predominio de uno de los hemisferios como fuente de las regiones más activas (Tabla 2). Durante la etapa inicial del ciclo hasta el año 2013, el hemisferio norte generó un mayor número de regiones activas. Durante el periodo 2014-2015, el hemisferio sur fue origen de las regiones más importantes; dentro de ellas, sobresalieron las regiones AR12192, la más extensa de los últimos 35 años y fuente de cinco destellos tipo X y la AR12087 fuente de tres destellos tipo X con un área de solo 200 MM. En la parte final del ciclo el hemisferio norte fue origen de las regiones más importantes. El 10 de septiembre de 2017, la región AR12673 produjo un destello X9.5, el más energético de todo el Ciclo Solar No 24. La explosión impulsó e hizo llegar protones a

la Tierra debido a que estaba situada cerca al limbo oeste del Sol, el cual está magnéticamente conectado con nuestro planeta. Este fenómeno generó dosis extras de radiación y se provocaron interrupciones menores en los aparatos electrónicos a bordo de aviones, bloqueos en las comunicaciones ionosféricas; también permitió ver auroras en estados como Carolina del Norte y Ohio (Spaceweather, 2017). Estos destellos energéticos no son extraños durante el declive de la actividad solar ya que han aparecido en las mismas épocas de otros ciclos solares como el Ciclo 21 y el 23 (Hathaway, 2003). También se debe llamar la atención sobre regiones como la AR11748: pese al área de 310 MM, esta desarrolló una estructura beta gamma delta, que generó cuatro destellos tipo X. La otra región es la AR12087, origen de tres destellos tipo X y siete del tipo M, con solo un área de 120 MM convirtiéndose en unas de las regiones más activas de este ciclo.

Fotografía: Solar flares are violent storms on the Sun's surface which can eject particles and emit radiation toward Earth, affecting radio communication. Flares are generally correlated with the solar activity cycle and will become more common as the Sun approaches solar maximum in 2000. Credit: NSO/AURA/NSF



CONCLUSIONES

EL Ciclo Solar N° 24 duró once años, entre diciembre de 2008 y diciembre de 2009; es uno de los ciclos de más baja actividad en los últimos cien años, desde el Ciclo N° 14 al inicio del siglo XXI. Este ciclo se caracterizó por tener un máximo binodal: el primer pico se alcanzó en agosto de 2012 con un valor de Rz de 96,6 para lo cual se usó el promedio móvil de 13 meses. El segundo máximo tomó un valor de 102 de Rz en octubre de 2014. Este ciclo se demoró 47 meses en alcanzar el primer pico de actividad según los datos recopilados desde el observatorio del Gimnasio Campestre; esto lo convierte en uno de los más lentos en alcanzar el punto de máxima actividad. El nivel de actividad fue notablemente inferior que el Ciclo N° 23, tanto en número de destellos de cada tipo, como en el nivel energético de cada uno de ellos. Sin embargo, durante este ciclo se observaron regiones importantes como la AR12192, X, la más extensa en los últimos 35 años; también se observó la AR12673, origen de cinco destellos tipo X, uno de ellos clasificado como X9.5, el más energético de todo el Ciclo N° 24 y observado en la fase declinante de este.

LISTA DE REFERENCIAS

Abril, S., Escovar J., Llano, D., Mejía, J., Yepes, G., Uribe, J., Libos, S., Ramírez, S., Santamaría, L., Moreno, F. & Guevara, S. Evolución del ciclo Solar No 24 durante los años 2014 y 2015. *Revista El Astrolabio*, Volumen 16, pp 47-65.

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

Golpaslwamy, N., Yashiro, G., Li u, Y., Mishalek, A., Vourlidas, M., Kaiser & Howard, R. (2005). Coronal mass ejections and other extreme characteristics of the 2003 October–November solar eruptions. *Journal of Geophysical Research. Space Physics. AGU Journal*. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2004JA010958>

Hathaway D. (2003) The Sun Goes Haywire. http://science.nasa.gov/science-news/science-atnasa/2003/12nov_haywire/

Libos, S., Santamaría, L, & Moreno, F. (2012). El inicio del Ciclo Solar No 24. *Revista El Astrolabio*, 9, pp. 19-33.

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

Moreno, F., Hernández, J & Romero, C. (2003) Observación en H alfa de la protuberancia generada por el destello solar del 26 de junio de 2003. *Revista El Astrolabio*, 3(1), pp. 5-8.

Moreno, F., Libos, S., Santamaría, L. & Ramírez, S. (2015). Evolución del Ciclo Solar No 24 durante los años 2012 y 2013. *Revista El Astrolabio*, 14, pp 41-56.

Moreno, F., López, E., Matheus, F. & Montaña, A. (2019). Evolución del Ciclo Solar No 24 durante los años 2016 y 2017. *Revista El Astrolabio*, 19, pp 91-104.

NOAA. (2009) Space weather highlights 2009. <http://www.swpc.noaa.Gov/ftpdir/warehouse/2010/>.

NOAA. (2010) Space weather highlights 2010. <http://www.swpc.noaa.Gov/ftpdir/warehouse/2010/>.

NOAA. (2011) Space weather highlights 2011. <http://www.swpc.noaa.Gov/ftpdir/warehouse/2011/>.

NOAA. (2012) Space weather highlights 2012. <http://www.swpc.noaa.Gov/ftpdir/warehouse/2012/>.

NOAA. (2013) Space weather highlights 2013. <http://www.swpc.noaa.Gov/ftpdir/warehouse/2013/>.

NOAA. (2014) Space weather highlights 2014. <http://www.swpc.noaa.Gov/ftpdir/warehouse/2014/>.

NOAA. (2015) Space weather highlights 2015. <http://www.swpc.noaa.Gov/ftpdir/warehouse/2015/>.

[swpc.noaa.Gov/ftpdir/warehouse/2015/](http://www.swpc.noaa.Gov/ftpdir/warehouse/2015/).

NOAA. (2016) Space weather highlights 2016. <http://www.swpc.noaa.Gov/ftpdir/warehouse/2016/>.

NOAA. (2017) Space weather highlights 2017. <http://www.swpc.noaa.Gov/ftpdir/warehouse/2017/>.

NOAA. (2018) Space weather highlights 2018. <http://www.swpc.noaa.Gov/ftpdir/warehouse/2018/>.

NOAA. (2019) Space weather highlights 2019. <http://www.swpc.noaa.Gov/ftpdir/warehouse/2019/>.

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

Roylanc, F. (2000) Solar flare biggest since 89. <https://infoweb.newsbank.com/apps/news/document-view?p=WO RLDNEWS&docref=news/1064A3E55B815DA8&f=basic>

Spaceweather. (2010) Geomagnetic Storm- more to come. <https://www.spaceweather.com>.

Spaceweather. (2011) First X-flare of the new cycle. <https://www.spaceweather.com>.

Spaceweather. (2012) Very fast farside CME. <https://www.spaceweather.com/>

Spaceweather. (2013) **CME strike, geomagnetic storm.** <https://www.spaceweather.com>.

Spaceweather. (2017). **Major solar flare and radiation storm.** <https://www.spaceweather.com>.

Spaceweather. (2018) The solar wind has arrived. <https://www.spaceweather.com>.

Wael M., Shahinaz, Y. & Mosalam S (2018) On the classifications of the solar active regions (ARs); Case study for solar cycles 23 and 24. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. 21 (3)