

EL INICIO DEL CICLO SOLAR 25: UN ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD SOLAR DURANTE EL PERÍODO 2020-2022

A.V. Araujo¹, J. D. Botero¹, N. Gallego¹, F. Moreno¹, J.F. Naranjo¹
1 Centro de Estudios Astrofísicos del Gimnasio Campestre.

Recibido: 24 de marzo 2025. Aceptado: 15 de Abril de 2025

RESUMEN

La investigación y el análisis que se presentará en este documento nace de un cuestionamiento respecto a la actual capacidad tecnológica y científica de predecir la actividad solar y su desarrollo a través de los ciclos solares. En este trabajo se hace seguimiento al inicio del Ciclo Solar 25, específicamente los años 2020, 2021 y 2022. Un primer resultado de los datos obtenidos a partir del Número de Wolf (Rz) nos muestra que este ciclo alcanzará un mayor nivel de actividad que el Ciclo No 24. También se encontró que las regiones activas más extensas ocurrieron en cantidades similares tanto en el hemisferio norte como en el sur. Mientras que la generación de destellos tipo X se observaron más por una leve mayoría en el norte.

PALABRAS CLAVE: Sol, ciclo solar, regiones activas, manchas solares, Número de Wolf

ABSTRACT

The following investigation and analysis that will be presented in the following document stems from questioning the present technological and scientific ability to predict solar activity of a solar cycle. These are patterns and variations that the sun develops during a period of eleven years and are characterized by a increase, critical point and a decrease in solar activity. This work follows the start of the Solar 25 cycle, specifically for the years 2020, 2021 and 2022. The first result of the data obtained from the Wolf Number (Rz) shows that this cycle has a higher activity level than Cycle No. 24. We also encountered a major generation of flares type X in the regions observed in the northern hemisphere.

KEYWORDS: Sun, Solar cycle, sun spot, Wolf Number.

1. INTRODUCCIÓN

El interés por el conocimiento del Sol ha llamado la atención del ser humano desde tiempos inmemoriales ya que es la principal fuente de energía para la Tierra y condición primordial para el desarrollo de la vida en el planeta. La observación de los fenómenos solares como eclipses han sido siempre de gran interés incluso guardando cierto trasfondo en la cosmovisión de antiguas civilizaciones. Por otro lado, Hayakawa y otros autores reportan observaciones hechas por astrónomos chinos de regiones oscuras dentro sol que datan del siglo 12 a.C (Hayakawa et al.,2015)

las cuales fueron originalmente interpretadas en Europa, como pequeños planetas orbitando muy cerca del sol por Christopher Scheiner hecho que fue, tiempo después refutado por Galileo en Cartas sobre el Sol (Galilei, 1613)

Además de esto, el avance de las tecnologías satelitales y las comunicaciones ha hecho que la relación entre el Sol y la tierra a cuyo estudio se le ha llamado el clima, espacial se desarrolle en forma importante las últimas décadas. El clima espacial tiene que ver con entender como los fenómenos solares influyen en las condiciones del medio interplanetario, en campo magnético y la atmósfera terrestre.

En Colombia, el registro de la actividad solar está a cargo de grupos de investigación en universidades principalmente y el grupo del Gimnasio Campestre, cuyas observaciones iniciadas en el año 2001, desde el Observatorio Julio Garavito, han contribuido al conocimiento y fortalecimiento de las bases de datos sobre la evolución del ciclo solar. En este trabajo tiene como principal objetivo hacer seguimiento detallado de las regiones activas y del número de manchas para poder calcular cálculo el Número de Wolf cuyo índice nos muestra la actividad solar del periodo entre 2020 y 2022 correspondiente al inicio del Ciclo Solar No 25.

Este artículo se divide en dos partes, en la primera se describirá el proceso por el cual se obtuvieron los resultados y en la segunda se expondrán y analizarán estos datos para finalizar con algunas conclusiones. En la primera parte se comenzará con la definición de los conceptos más pertinentes para la investigación, posteriormente, se hará una breve exposición de los instrumentos utilizados para la observación y se describirán los pasos previos a la redacción del artículo. En la segunda, parte se muestran los resultados para determinar qué tan efectivas fueron los esfuerzos de predicción de la actividad solar en el ciclo 25.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Evolución estelar

Una estrella es una esfera compuesta de hidrógeno, con una masa mínima de 0,08 masas solares. Estos objetos celestes generan su propia luz mediante el proceso de fusión de hidrógeno en el núcleo, el material funcionado puede cambiar dependiendo de la masa de la estrella.

Debido a la abundante existencia de estrellas en el Universo y más específicamente en nuestra galaxia, se cuenta con un sistema de clasificación para estas. La base del sistema de clasificación usado por astrónomos es el sistema Harvard creado por la astrónoma Annie Jump Cannon. El sistema Harvard clasifica las estrellas en distintos grupos, estos son, O, B, A, F, G, K, M, teniendo la O como las estrellas más calientes y M como las estrellas más frías. Este sistema, tiene una sub-clasificación, la cual va del 0 hasta el 9, teniendo el 0 como el conjunto más caliente de estrellas y el 9 como el subconjunto de estrellas más frías. (Bohm-Vitense, 1997),

2.2 El sol

El sol es la estrella principal de nuestro Sistema Solar. Es una esfera compuesta principalmente de hidrógeno, la cual tiene un diámetro de 1,392,000 km. El sol, emite un total de 3.8×10^{26} watts de potencia por segundo y es esto lo que genera el viento solar. La energía liberada, es consecuencia de que el sol aún se encuentra funcionando hidrógeno. Este se debe a un proceso que se llama función protón-protón. Asimismo, el sol es clasificado como una estrella G2 refiriéndose así a la temperatura de la superficie del sol, el cual es de 6000 grados kelvin.

2.3 Actividad Solar

Un ciclo solar, es un patrón y variaciones predecibles en el sol que dura 11 años (Phillips, 1995). El sol, está constituido de plasma por lo cual su rotación es diferente a la de un planeta. El movimiento del plasma es mucho más lento en sus polos que en el ecuador. Las manchas solares son fenómenos naturales en la fotosfera del sol, evidenciándose con un color más oscuro que este. Estas manchas liberan una carga magnética en el sol entre un receptor y un emisor. Las regiones solares están definidas por diferentes manchas y están compuestas por la umbra y la penumbra que es lo que rodea la umbra (Beck et al., 1995). Así como el sol tiene un ciclo, estas también lo tienen. Las manchas son clasificadas por letras y son medidas por el Número de Wolf. Este número se determina por medio de la siguiente expresión

$$R = M + 10A$$

donde M denota el número de manchas y A el número de regiones activas en el Sol.

Las regiones se pueden clasificar a través de la clasificación de Zürich/McIntosh (Figura 1) que toma en cuenta diversos criterios para la asignación de una letra a la región activa.

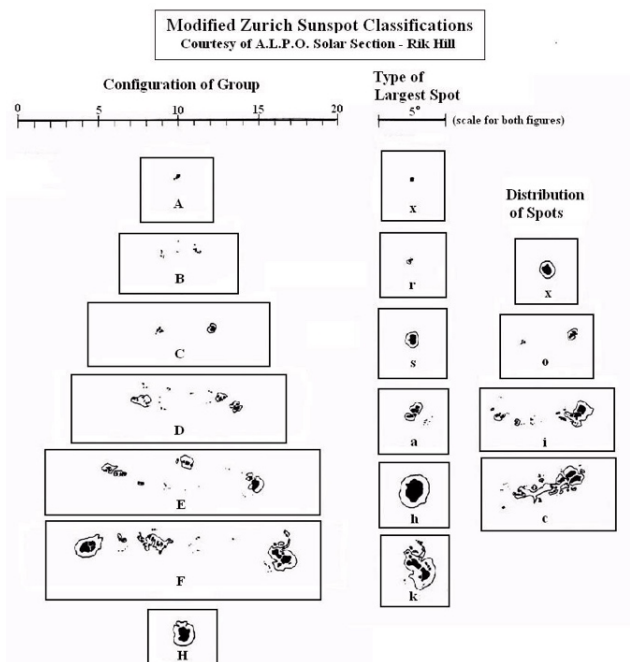


Figura 1: Clasificación de Zurich (Beck et al.,1995)

2.4 Pasos para clasificar manchas solares

A continuación, se presentan los pasos a seguir dentro del proceso de clasificación de las manchas solares:

1. Observación del sol utilizando filtros Mylar o Baader
2. Identificación de regiones activas y conteo del número de las manchas que las componen
3. Comparación visual de cada una con la tabla de Macintosh para tener su clasificación.
4. Transcribir los datos al cuaderno de observación
5. Toma de imágenes de las regiones más importantes
6. Identificación de destellos y protuberancias solares utilizando el Telescopio Coronado.
7. Tomás de imágenes en H alfa

2.5 Clasificación Magnética

La clasificación magnética es una serie de normas creadas en el Observatorio Mount Wilson las cuales buscan identificar la complejidad magnética de las manchas y la probabilidad de que produzcan erupciones solares. La estructura magnética de una mancha solar se establece por el grado de complejidad en beta (β), beta-gamma ($\beta\gamma$) y beta-gamma-delta ($\beta\gamma\delta$) según clasificación dada por NOAA.(Phillips,1995).

3. MATERIALES Y MÉTODO

3.1 Materiales e Instrumentos

El estudio y análisis de la actividad solar durante el Ciclo No 25, fue llevado a cabo haciendo uso de los instrumentos disponibles en el observatorio astronómico Julio Garavito del Colegio Gimnasio Campestre.

El Observatorio cuenta con equipos específicos para la observación solar. Entre ellos se destaca

- Un telescopio Coronado Solarmax de 60 milímetros de diámetro y 400 milímetros de distancia focal con un filtro H-alfa. Un telescopio óptimo para la observación de destellos.
- Un telescopio de un diámetro de 200 milímetros con filtro Baader. Este se usó para ver las manchas y clasificarlas. Y una distancia focal de 2 metros

Adicionalmente a lo anterior, debido a que no se podían usar los instrumentos del colegio para medir el tamaño de las manchas ni la energía liberada de los destellos, se consultaban los datos disponibles en el *Spaceweatherlive.com*. Dichos datos, comprenden numeración, superficie y estructura magnética de las regiones activas. Además, los tipos y cantidad de destellos solares, producidos en dichas regiones

3.2 Metodología

Es importante destacar que este trabajo está enmarcado en el programa de jóvenes investigadores de los centros de estudios del Colegio Gimnasio Campestre. Es así que la metodología que se siguió fue una metodología basada en el aprendizaje por procesos continuos en donde los estudiantes por medio de la guía de los profesores iban aprendiendo a través de los experimentos u observaciones del Sol.

Posteriormente, se corroboraron las observaciones con los fundamentos teóricos de acuerdo con lo que iban reportando en sus ejercicios de monitoreo de la actividad solar diaria. Así mismo, dado el tipo de investigación, el manejo de la data cuantitativa se llevó a cabo a través del análisis de los gráficos correspondientes. Por otro lado, la descripción cualitativa de los aspectos más relevantes en la actividad solar fue importante para el completo análisis del ciclo 25 de la actividad solar. Evidenciando así una metodología mixta en el ejercicio de investigación.

4. RESULTADOS

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 bimodal, es decir con dos picos. El primero de los picos sucedió en septiembre de 2012 y segundo en octubre de 2014 (Moreno et al., 2021). A continuación, se exponen los resultados en la actividad de observación solar durante los años 2020 y 2022 que corresponden a la fase inicial del Ciclo No 25. En estos resultados, se calcula la actividad solar a partir del Número de Wolf durante los días que las condiciones atmosféricas lo permiten, que en promedio son catorce días al mes. Se nombran las regiones activas más importantes de cada mes, la clasificación de ellas según MacIntosh, su clasificación magnética, información obtenida de la página Spaceweatherlive.com.

AÑO 2020

Durante enero se vieron 11 días sin regiones activas de 14 observados. La región más importante fue la 12757, no se registraron destellos y el Número de Wolf (Rz) fue de 2.63. Febrero tuvo un Rz aún más bajo con un valor de 0.61 fruto de 17 días sin manchas de 18 observados. Debido a la pandemia el periodo entre marzo y diciembre no se realizaron observaciones, pero para no interrumpir la base de datos, la información de estos meses se tomó de Spaceweather.com. El Número de Wolf de marzo continuó bajo, con un valor de 0.79, debido a que solo se observó un día con una región activa de catorce días con registros. Durante abril la actividad solar siguió baja con un valor de Rz de 2.1. Los días sin manchas fueron quince de 18 registrados. Mayo siguió con baja actividad con un Rz de 0.5 resultado de un solo día con manchas de 19 registrados en el mes. La actividad en junio subió levemente a un Rz de 4.06. La región más importante de este mes fue la 12765, la cual fue clasificada como tipo H y contenía siete manchas.

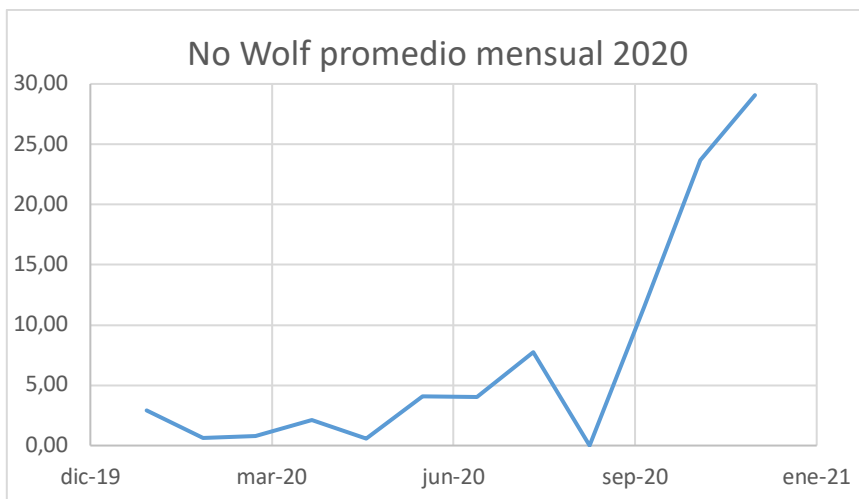


Figura 2. Promedio del Número de Wolf mensual del año 2020

Durante julio el sol mantuvo su baja actividad con un Rz de 4.11, debido a once días sin manchas de 19 observados, la región más importante fue la 12767, clasificada como tipo H. Agosto tuvo un Rz de 7,7, con ocho días sin manchas de 19 observados. La región más importante fue la 12770, clasificada como H. Durante septiembre se tomaron 18 observaciones durante las cuales no observaron manchas. Octubre incremento la actividad nuevamente hasta un Rz de 11.4, gracias a que solo se observaron cuatro días sin manchas de 16 días observados. La región más importante de este periodo es la 12778, cuya estructura fue del tipo C con 10 manchas en su interior. En noviembre se incrementó la actividad solar a un Rz de 23,6. Durante este periodo no se registraron días sin manchas solares. Finalmente, en diciembre la actividad se mantuvo al mismo nivel del mes anterior con un Rz de 22.2, con solo un día sin manchas de un total de quince (Figura 2).

TABLA 1 Principales regiones activas del año 2020. (fuente: Spaceweatherlive, 2020).

REGION	SUPERFICIE	CLASIFICACIÓN	ESTRUCTURA MAGNÉTICA
12786	1000	C	Beta
12781	475	E	Beta-gamma
12778	300	E	Beta
12794	220	H	alfa
12795	200	D	beta

Año 2021

Este año, se caracterizó por el claro incremento de actividad solar, dicho comportamiento se puede evidenciar en la figura 3. Los destellos fueron aumentando su fuerza a lo largo del año, teniendo una

evolución a comienzo del año de tipo C hasta numerosos destellos tipo M y dos X hacia finales del año. Por otro lado, el tamaño de las regiones activas es muy variable a lo largo del año, sin embargo, el Número de Wolf si registró un incremento de la actividad solar.

En enero el Rz bajo a 6.6 debido a que se observaron 11 días sin regiones activas de 16 registradas. La región activa con mayor importancia fue la 12797, el cual tuvo un tamaño máximo de 120 millonésimas de la superficie del sol. El 18 de enero, la región tuvo una clasificación magnética de beta y posteriormente cambió a una clasificación magnética alfa. En su punto máximo, la región llegó a clasificarse como tipo C según la clasificación de MacIntosh. En los primeros treinta días de 2021 las regiones más importantes estaban presentes en el hemisferio sur. (Spaceweatherlive, 2021).

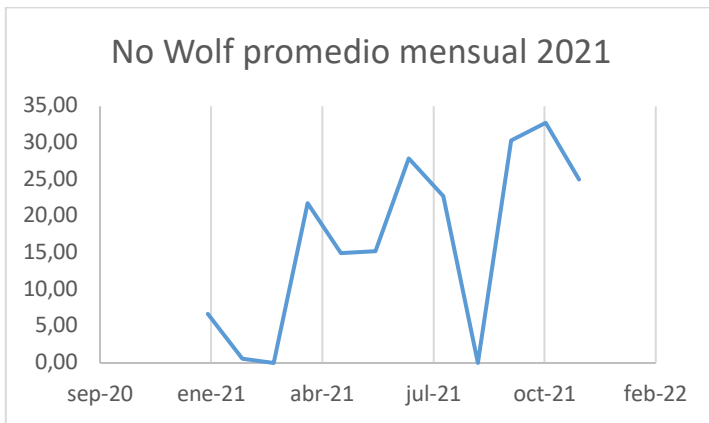


Figura 3. Promedio del Número de Wolf mensual del año 2021

Para febrero el Número de Wolf (Rz) continuó bajo, 8.6 debido a que se vieron 8 días sin manchas de 16 registrados. La región más importante fue la 12804, la cual apareció el 22 de febrero. La región creció hasta un área de 190 millonésimas de la superficie del sol. Esta fue la única región del mes que superó el tamaño de 50 millonésimas y fue clasificada magnética de beta y una clasificación máxima de D según Macintosh. En marzo solo se detectó un día sin manchas y el Rz subió a 15.6. La región más importante fue la 12807, la cual tuvo un tamaño máximo de 30 millonésimas de la superficie del sol y se observó el 11 de marzo. Esta región se registró como tipo C y tenía una clasificación magnética de beta. Esta región produjo 2 destellos tipo C y apareció en el hemisferio sur del sol. En abril el Rz subió levemente a 21.8 debido al incremento del número de regiones activas al final del mes a pesar de observarse cuatro días sin manchas. El 21 de abril la región 12817, alcanzó un tamaño máximo de 180 millonésimas de la superficie del sol y presentó 12 destellos tipo C lo cual demuestra su alta actividad. La región se encontraba en el hemisferio norte de nuestra estrella. La otra región para destacar fue la 12816, la cual apareció el 19 de abril. Su clasificación magnética fue mayormente beta y presentó un destello tipo M. En mayo el Rz bajo a 15 debido a tres días sin regiones activas. La región activa más importante fue 12824 con un área de 190 millonésimas de la superficie solar con una clasificación magnética beta gamma el día 22 de mayo y una clasificación tipo C y generó dos destellos M.4 y M.1 (Figura 4). En junio el Rz se mantuvo, la región activa más importante fue 12808 clasificada tipo C, con un área de 50 millonésimas de la superficie solar con una clasificación magnética alfa. (Spaceweatherlive, 2021).

En el séptimo mes de 2021 el Rz incrementó a 27.9 con solo dos días sin manchas. La región activa más importante fue la 12835 y fue un tipo E, esta mancha se observó el primer día y contaba con un área de 770 millonésimas con una clasificación magnética beta gamma-delta. Otra región activa importante fue la 12838 la cual era tipo C. La región tuvo un área de 30 millonésimas de la superficie solar con una clasificación magnética beta. Un punto importante para destacar de esta última fue la generación de un destello X1.5 el primer destello de este tipo del Ciclo 25. En agosto el Rz bajo a 22.7, la región activa más importante fue la 12860 con un área de 340 millonésimas de la superficie solar con una clasificación magnética beta-gamma y una clasificación E, (Figura 5). En septiembre el Rz subió a 36.7 debido al incremento de regiones activas detectadas y solo cuatro días sin manchas. Durante el mes se observó la región 12866, caracterizada por un tamaño de 500 millonésimas del sol y numerosos destellos tipo C. Dicha región, se pudo ver el cuarto día de este mes. El 17 de septiembre se observaron dos protuberancias sobre el limbo solar (Figura 6). En octubre el Rz bajó a 30.3. La región más importante se observó el día 28 de octubre en el hemisferio sur del sol fue la 12887, (Figura 7). Esta región llegó a un tamaño máximo de 440 millonésimas de la superficie de sol y fue clasificada como tipo D. Esta región es de las más importantes del año por los diversos destellos que presentó, incluyendo: 6 tipo C, 3 tipo M e incluso uno tipo X. Durante este destello, un pulso de rayos x y ultravioleta ionizaron la atmósfera generando un blackout en ondas de radio sobre Suramérica. (Spaceweather, 2021) En noviembre y diciembre fueron dos meses de actividad similar a los anteriores con Rz de 32.7 y 29. Sin embargo, las manchas más importantes de dichos meses no alcanzan un tamaño mayor a 200 aunque presentaron numerosos destellos tipo C. A partir de este mes desaparecen los días sin manchas y el Ciclo Solar No 25 toma mayor fuerza. (Spaceweatherlive, 2021).

TABLA 2 Principales regiones activas del año 202. (fuente:Spaceweatherlive, 2021)

REGIÓN	SUPERFICIE	CLASIFICACIÓN	ESTRUCTURA MAGNÉTICA
12835	700	E	Beta-gamma
12916	640	E	Beta-gamma
12866	500	D	Beta
12887	440	D	Beta
12880	390	D	Beta-gamma
12891	350	D	Beta
12860	340	E	Beta-gamma
12907	310	E	Beta-gamma
12871	310	D	Beta
12921	300	D	Beta

Año 2022

En enero 2022 se tuvo una actividad alta (Figura 8), registrando varias regiones activas, 12916, 12918, 12924, 12929, 12936, 12939, 12940. La región 12916 produjo tres destellos tipo C, 2 destellos tipo M y tuvo un tamaño máximo de 640 millonésimas de la superficie del sol, clasificándose como E y registrando una clasificación magnética beta-gama-delta. Esta región apareció en el hemisferio sur el 21 de diciembre 2021 y desapareció el 4 de enero 2022. La región 12918 también fue una de las más importantes de enero, tuvo un tamaño de 280 millonésimas de la superficie del sol, tuvo siete destellos tipo C y tres destellos tipo M. Fue clasificada como E y beta-gama. Apareció el 22 de diciembre 2021 en el norte y duró hasta el 1 de enero 2022. La región 12929 tuvo un tamaño máximo de 310 millonésimas de la superficie del sol, fue clasificada como E y un registro beta-gamma. Esta región tuvo ocho destellos tipo C y 2 destellos tipo M. Apareció el 13 de enero en el hemisferio norte y desapareció el 21 de enero 2022. Otra zona importante, fue la 12936, la cual se observó desde el 25 de enero hasta el 6 de febrero, en el norte del Sol. Tuvo un tamaño máximo de 760 millonésimas de la superficie solar y fue clasificada como tipo E con un registro beta-gama-delta. Generó nueve destellos tipo C y uno destello M. Además de las manchas ya mencionados, la mancha 12939 también fue una mancha importante, con un área máxima de 500 millonésimas de la superficie del sol, clasificada como H y un registro magnético beta. Generó 13 destellos tipo C entre ellos un tipo C9.0. La región 12940 apareció el 31 de enero de 2022 en el hemisferio norte y fue vista por trece días. Alcanzó un tamaño máximo de 410 millonésimas de la superficie, además alcanzó una clasificación Macintosh tipo D y una magnética de beta-gamma. Esta generó 36 destellos tipo C, registrando un máximo de C9.4. Por último, el número Wolf promedio de enero fue 53.7. (Spaceweatherlive, 2022).

En febrero tuvo varias regiones importantes, tales como 12939, 12940, 12941, 12944, 12958. La región 12939 apareció entre el 30 de enero y el 12 de febrero. Tuvo un tamaño máximo de 500 millonésimas de la superficie del sol, clasificada como H y una magnética beta. Generó 4 destellos tipo C, registrando uno máximo tipo C9.0. Otra región importante fue 12941, apareció en el hemisferio norte el 3 de febrero y desapareció el 17 de febrero 2022. Tuvo un tamaño de 370 millonésimas de la superficie de la superficie del sol, su clasificación fue tipo F y una magnética beta-gama. Esta región generó ocho destellos tipo C y dos destellos tipo M. El 2 de febrero se observaron varias protuberancias sobre el limbo solar (Figura 9). La región 12944 apareció en el sur, del 10 de hasta el 12 de febrero 2022. Tuvo un tamaño de 20 millonésimas de la superficie del sol, se clasificó como H con una clasificación magnética tipo beta. Produjo 2 destellos tipo C y 1 tipo M. La última región importante fue la región 12958, vista sobre el hemisferio norte desde el 28 de febrero hasta el 7 de marzo. Tuvo un tamaño de 60 millonésimas de la superficie del sol y fue clasificada como C y un registro magnético beta. Produjo dos destellos tipo C y uno tipo M. El mes de febrero registró un número de Wolf promedio de 65.2. (Spaceweatherlive, 2022).

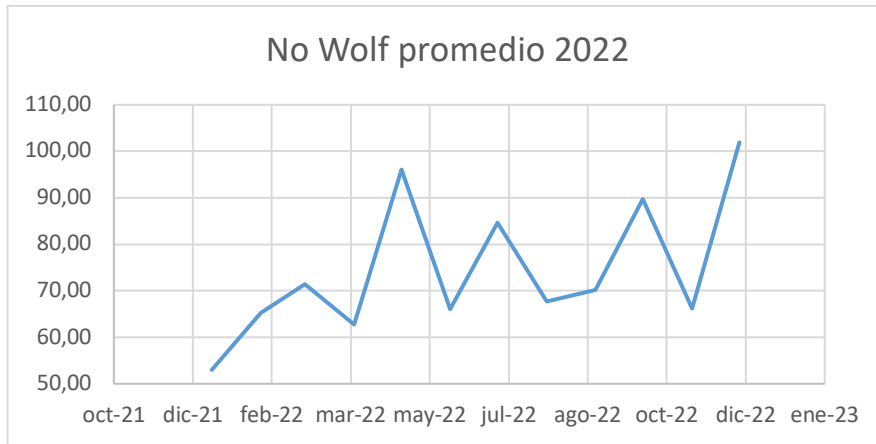


Figura 4. Promedio del Número de Wolf mensual del año 2022

Durante el mes de marzo las regiones más importantes fueron 12958, 12960, 12964, 12965, 12974, 12978, 12975, 12976. La región 12958 apareció el 28 de febrero de 2022 en el hemisferio norte y duró 8 días. Alcanzó un tamaño máximo de 60 millonésimas del hemisferio solar, además de una clasificación Macintosh de C y una clasificación magnética de beta. Esta región produjo 3 destellos importantes, 2 tipo C y uno tipo M. La región 12960 apareció en el hemisferio sur del sol desde 3 de marzo hasta 16 de marzo 2022. Tuvo un tamaño máximo de 450 millonésimas de la superficie solar, fue clasificada como tipo E y su clasificación magnética fue beta-gama. Produjo seis destellos tipo C. La región 12964 apareció el 8 de marzo de 2022 en el hemisferio sur. Alcanzó un tamaño máximo de 70 millonésimas del hemisferio solar, su estructura fue tipo D y una clasificación magnética de beta. Esta región produjo siete destellos, seis tipos C y uno tipo M. La región 12965, se registró en el hemisferio norte del sol desde el 8 de marzo hasta el 21 de marzo 2022. Tuvo un tamaño máximo de 620 millonésimas de la superficie del sol, tuvo una clasificación Macintosh F y su clasificación magnética fue beta-gamma. Produjo 7 destellos tipo C y 3 tipo M. La región 12974 apareció el 22 de marzo 2022 en el hemisferio sur. Esta región alcanzó un tamaño de 90 millonésimas de la superficie solar, una estructura C y una clasificación magnética de beta. Esta región produjo siete destellos, cinco tipos C y dos tipo M. Otra región importante de marzo fue 12975, la cual apareció en el hemisferio norte del sol el 23 de marzo hasta el 4 de abril 2022. Su tamaño máximo fue 330 millonésimas de la superficie del sol, su clasificación Macintosh fue E y su clasificación magnética fue beta-gamma-delta. Produjo un destello tipo C, ocho destellos tipo M y uno tipo X. Otra región importante fue 12976 (Figura 10), apareciendo en el hemisferio norte el 24 de marzo hasta 5 de abril 2022. Tuvo un tamaño máximo de 550 millonésimas de la superficie solar, su clasificación Macintosh fue E y su registro magnético fue beta-gama. Produjo cuatro destellos tipo C y uno tipo M. La región 12978, apareció en el hemisferio sur el 27 de marzo hasta el 10 de abril 2022. Tuvo una clasificación D, una clasificación magnética de beta-gama y generó diez destellos tipo C. Tuvo un tamaño máximo de 670 millonésimas de la superficie solar. Importante destacar que el número Wolf promedio para el mes de marzo fue 71.4 (Spaceweatherlive, 2022).

Para el mes de abril inició con numerosos filamentos y protuberancias (Figura 11), el número Wolf promedio fue de 62.7, se observaron varias regiones importantes, como las regiones 12975, 12976, 12978, 12992, 12993, 12994, 12995. La región 12975 apareció el 23 de marzo en el Norte hasta el 4 de abril. Tuvo una clasificación magnética de beta-gama-delta y una según Macintosh de E. Generó un destello tipo C, ocho destellos tipo M y un destello tipo X. Otra región importante fue 12976, apareció en el hemisferio norte del 24 de marzo al 5 de abril 2022. Tuvo un tamaño máximo de 550 millonésimas del hemisferio solar, tuvo una clasificación tipo E y un registro magnético de beta-gama. Generó cuatro destellos tipo C y uno del tipo M. La región 12978, apareció en el hemisferio norte el 24 de marzo hasta el 5 de abril. Tuvo un tamaño máximo de 670 millonésimas del hemisferio solar, y su clasificación fue con una estructura magnética beta-gama. Produjo diez destellos tipo C. Asimismo, la región 12992, apareció en el hemisferio sur el 16 de abril y desapareció el 19 de abril. Su clasificación fue D y su actividad magnética fue beta. El tamaño máximo fue 300 millonésimas del hemisferio solar. Produjo cinco destellos tipo C, cuatro destellos tipo M y uno X. Otra región importante fue la región 12994, se vio del 16 de abril en el hemisferio norte hasta el 30 de abril y tuvo un tamaño máximo de 770 millonésimas del hemisferio solar (Figura 12). Tuvo una clasificación tipo E y una estructura magnética beta-gama. Esta región produjo un destello tipo C, siete destellos tipo M y dos destellos tipo X. (Spaceweatherlive, 2022).

El promedio del Número de Wolf (Rz) de mayo fue 99, el valor más alto hasta la fecha, las regiones más importantes fueron 12995, 13004, 13006, 13007, 13014, 13017. La primera región para destacar fue la región 12995, la cual se observó del 19 de abril hasta el 2 de mayo en el hemisferio norte con un tamaño máximo de 290 millonésimas del hemisferio solar. Esta región tuvo una clasificación Macintosh de H, su estructura magnética fue beta y produjo 3 destellos tipo C y 1 tipo M. La segunda en aparecer fue la región 13004 el 2 de mayo en el hemisferio sur con un tamaño de 500 millonésimas del hemisferio solar y se mantuvo hasta el 10 de mayo del 2022 (Figura 13). Su clasificación Macintosh fue D y la clasificación magnética fue beta-gama. Dicha región produjo 6 destellos tipo C y 4 tipo M. El 6 de mayo se observaron numerosas protuberancias (Figura 14). La tercera región importante fue 13006, la cual apareció el 4 de mayo en el hemisferio sur con un tamaño máximo de 180 millonésimas del hemisferio solar. Tenía una clasificación Macintosh de E y la clasificación magnética fue beta-gama-delta. Esta región produjo 7 destellos tipo C, dos destellos tipo M y un destello X, y este fue el único destello de este tipo del mes. La región 13007 apareció en el hemisferio sur el 8 de mayo y duró 14 días. Esta región alcanzó un tamaño de 350 millonésimas de la superficie solar, además alcanzó una clasificación E y una clasificación magnética de beta-gama-delta. Esta región produjo 27 destellos, 25 tipo C y 2 tipo M. Otra región importante, fue la región 13014, la cual apareció el 15 de mayo en el hemisferio norte y se mantuvo hasta el 27 de mayo 2022. Tuvo un tamaño de 1190 millonésimas del hemisferio solar y es la primera región en pasar de 1000 millonésimas en el año 2022. La región tuvo una clasificación de E y un registro magnético beta-gama-delta. Esta región produjo seis destellos C y cuatro destellos tipo M. La última región importante fue la 13017, apareció el 16 de mayo en el hemisferio norte con un tamaño de 130 millonésimas del hemisferio solar y desapareció el 27 de mayo 2022. Presentó una clasificación D y su estructura magnética fue beta-gama. La región produjo ocho destellos tipo C y dos tipo M. (Spaceweatherlive, 2022).

TABLA 3 Principales regiones activas del año 2022. (fuente:Spaceweatherlive, 2022)

REGIÓN	SUPERFICIE	CLASIFICACIÓN	ESTRUCTURA MAGNETICA
13014	1190	D	Beta-gamma-delta

13153	1080	F	Beta
13055	960	E	Beta
12994	930	E	Beta-gamma
13098	880	E	Beta-gamma
13112	800	F	Beta-gamma-delta
12936	760	D	Beta
13053	700	E	Beta
12993	680	E	Beta-gamma
12978	670	E	Beta-gamma

El Número Wolf promedio de junio fue 66,7 y se observaron tres regiones importantes, estas fueron la 13030, 13031 y 13038. La primera región en aparecer fue 13030, la cual apareció el 10 de junio del 2022. Está se localizó en el hemisferio norte y tuvo un tamaño máximo de 230 millonésimas del hemisferio solar desapareciendo el 21 de julio. Tuvo una clasificación Macintosh de D y una clasificación magnética beta. Produjo nueve destellos tipo C y un destello tipo M. La segunda región fue la 13031 (Figura 15), la cual apareció en el hemisferio norte entre el 12 de junio y el 21 de junio. Tuvo un tamaño máximo de 580 millonésimas del hemisferio solar, con una clasificación E y un registro magnético beta-gamma. Esta región produjo ocho destellos tipo C y un destello tipo M. La región 13038, apareció el 16 de junio del 2022 en el hemisferio norte y duró hasta el 27 de junio 2022. Esta región alcanzó un tamaño máximo de 580 millonésimas del hemisferio solar, la región alcanzó una clasificación Macintosh de E y una estructura magnética beta-gama. Esta región produjo diez destellos tipo C. (Spaceweatherlive, 2022).

En julio el Número de Wolf promedio fue de 84.6 y tuvo cinco regiones importantes: 13053, 13055, 13056, 13057, 13058. La región 13053, apareció en el hemisferio norte el 5 de julio 2022. Alcanzó un tamaño máximo de 700 millonésimas del hemisferio solar. Tuvo una clasificación Macintosh de E y su estructura magnética fue beta. Esta región produjo nueve destellos tipo C y un destello tipo M. Otra fue la región 13055, apareció en el hemisferio sur el 7 de julio 2022 tuvo un tamaño máximo de 960 millonésimas del hemisferio solar, con una clasificación E y una estructura magnética beta. Esta región produjo nueve destellos tipo C y un destello tipo M. La región 13056, se observó del 10 hasta el 22 de julio en el hemisferio sur, tuvo un tamaño de 250 millonésimas del hemisferio solar, su clasificación fue E y su estructura magnética fue de beta-gama. Esta región produjo siete destellos tipo C y dos destellos tipo M. Además de las regiones anteriores también se observaron las 13057 y 13058. La región 13057, apareció el 11 de julio 2022 en el hemisferio norte y alcanzó un tamaño máximo de 380 millonésimas del hemisferio solar. Su clasificación Macintosh fue D y la región tuvo una estructura magnética beta. Esta región produjo nueve destellos tipo C y un destello tipo M. La región 13058, se vio desde el 14 de julio hasta el 23 de julio, en el hemisferio sur Esta región alcanzó un tamaño máximo de 310 millonésimas del hemisferio solar, tuvo una clasificación Macintosh de D y alcanzó una estructura magnética beta-gama-delta. En esta región se produjeron ocho destellos tipo C y dos destellos tipo M. (Spaceweatherlive, 2022).

En agosto Número de Wolf promedio del mes fue de 71.3. El mes inició con observación de un gran arco de plasma que alcanzó un radio de unos 325.000 kilómetros fue visto entre las 11am y la 1pm (Figuras 16 y 17) Se identificaron siete regiones importantes 13068, 13078, 13079, 13081, 13085, 13088, 13089. La región 13068 se registró por primera vez el 28 de julio en el hemisferio sur, fue observada hasta el 8 de agosto 2022. Esta región tuvo un tamaño de 210 millonésimas del hemisferio solar, alcanzando una clasificación Macintosh de E y una estructura magnética beta-gama con siete destellos tipo C. La región 13078, se observó desde el 10 de agosto hasta el 21 de agosto en el hemisferio sur, alcanzando un tamaño de 270 millonésimas del hemisferio solar, además tuvo una clasificación Macintosh máxima de D y una clasificación magnética de beta-gama-delta. Esta región

produjo diez destellos tipo M. Por otro lado, la región 13079, apareció el 12 de agosto en el hemisferio sur, está siendo observada hasta el 17 de agosto del 2022. Esta región alcanzó un tamaño de 140 millonésimas del hemisferio solar con una clasificación C y un registro magnético beta lo cual generó nueve destellos tipo C y un destello M. Otra región importante fue 13081, apareció en el hemisferio norte el 13 de agosto y se mantuvo hasta el 23 de agosto 2022. Esta región alcanzó una clasificación Macintosh de H y un registro magnético beta-gama. La región 13081 produjo diez destellos tipo C. La región 13085, apareciendo el 21 de agosto en el hemisferio norte y pudo ser observada hasta el 30 de agosto 2022 registrando un tamaño de 280 millonésimas del hemisferio solar, presentando una clasificación D y alcanzó a tener una clasificación magnética de beta, produciendo 10 destellos tipo C (Figura 18) El día 24 se observó una gran protuberancia quiescente sobre el limbo noroeste (Figura 19) La siguiente región para describir fue la 13088 que se observó desde el 25 hasta el 30 de agosto en el hemisferio sur (Figura 20). Esta región presentó una superficie máxima de 650 millonésimas del hemisferio solar, además de una clasificación D y una clasificación magnética beta-gama. Finalmente se destaca que esta región produjo diez destellos tipo M. (Spaceweatherlive, 2022)

Para septiembre el Número de Wolf promedio (Rz) fue 70.1 y se observaron seis regiones importantes: 13089, 13098, 13102, 13107, 13110 y 13112. La primera región, 13089, apareció el 25 de agosto 2022 en el hemisferio sur y desapareció el 6 de septiembre 2022. Alcanzó un tamaño máximo de 580 millonésimas del hemisferio solar con una clasificación Macintosh de E y una clasificación magnética de beta-gama-delta. Esta región produjo cinco destellos tipo C y cinco destellos tipo M (Figura 21). Otra región importante fue 13098, la cual apareció el 8 de septiembre y estuvo activa hasta el 17 de septiembre 2022 (Figura 22). Esta región alcanzó un tamaño de 880 millonésimas del hemisferio solar, alcanzando una clasificación E y una estructura magnética de beta-gama. Esta región produjo seis destellos tipo C y cuatro destellos tipo M. El 15 del mes se vio una gran protuberancia, quizá la más extensa de lo llevado del ciclo (Figura 23). Además de las regiones anteriormente descritas, la región 13102 también fue una de las zonas más importante de este mes. Se observó desde la segunda hasta la cuarta semana del mes en el hemisferio sur. Esta región alcanzó un tamaño de 440 millonésimas del hemisferio solar, una clasificación Macintosh de D y una clasificación magnética de beta. En ella se produjeron nueve destellos tipo C y un destello tipo M. La región 13107 apareció en el hemisferio sur el 8 de mayo y duró 14 días. Esta región alcanzó un tamaño de 350 millonésimas de la superficie solar, además llegó una clasificación Macintosh de E y una estructura magnética de beta-gamma-delta (Figura 24). Esta región produjo 25 destellos tipo C y dos tipo M. La región 13110 apareció el 23 de septiembre en el hemisferio norte y duró 14 días. Alcanzó un tamaño de 320 millonésimas de la superficie del sol, además de una clasificación de E y una estructura magnética beta. Esta región produjo 36 destellos, 29 tipo C, 6 tipo M y 1 tipo X. La región 13112 apareció el 30 de septiembre en el hemisferio norte y duró 16 días. Alcanzó un tamaño de 800 millonésimas de la superficie solar, además de una clasificación Macintosh de F y una clasificación magnética de beta-gama-delta. Esta región produjo, 76 destellos tipo C y 14 tipo M volviéndose en región del Ciclo No 25 más activa hasta la fecha. (Spaceweatherlive, 2022).

La actividad solar de octubre se incrementó alcanzando un Número de Wolf de 89.7, se identificaron cuatro regiones importantes la 13107, 13110, 13112 y 13116. La región 13107 fue observada por primera vez en el hemisferio sur el 21 de septiembre y duró hasta el 3 de octubre 2022. Esta región alcanzó un tamaño de 240 millonésimas del hemisferio solar, además alcanzó una clasificación Macintosh tipo F y una estructura magnética de beta-gama. Esta produjo nueve destellos tipo C y un destello tipo M. Seguidamente, la 13110, se observó en el hemisferio norte desde el 23 de septiembre

hasta el 6 de octubre, alcanzó una superficie de 300 millonésimas del hemisferio solar, una clasificación de E y una estructura magnética de beta. Esta región produjo tres destellos tipo C, cuatro destellos tipo M y un destello tipo X. Añadiendo a la lista de regiones importantes, la región 13112 apareció en el hemisferio norte el 30 de septiembre y desapareció el 15 de octubre (Figuras 25 y 26). Esta región alcanzó un tamaño de 800 millonésimas del hemisferio solar, registrando una clasificación F y una estructura magnética compleja de beta-gama-delta. Por último, la región 13116 apareció el 3 de octubre en el hemisferio norte y desapareció el 15 de octubre 2022, registró un tamaño de 210 millonésimas del hemisferio solar, alcanzando una clasificación Macintosh de D y una estructura magnética de beta. Esta produjo ocho destellos tipo C y un destello tipo M. El 26 de octubre se observó una gran protuberancia (Figura 27). (Spaceweatherlive, 2022)

En noviembre el Número de Wolf disminuyó ostensiblemente hasta 65.2 hubo 5 regiones importantes, 13140, 13141, 13150, 13151 y 13157. La región 13140 apareció en el hemisferio norte el 4 de noviembre 2022 y desapareció el 17 de noviembre 2022. Esta región alcanzó un tamaño de 550 millonésimas del hemisferio solar, una clasificación Macintosh de E y una clasificación magnética de beta-gama-delta. Esta región produjo 9 destellos tipo C y 1 destello tipo M. Otra región importante fue la región 13141, la cual apareció el 4 de noviembre en el hemisferio norte y desapareció el 16 de noviembre 2022 (Figura 28). Esta región alcanzó un tamaño de 610 millonésimas del hemisferio solar, alcanzó una clasificación Macintosh de E y una clasificación magnética de beta-gama-delta. Esta región produjo 6seis destellos tipo C y cuatro destellos tipo M. El 3 de noviembre se vieron un protuberancia y un filamento (Figura 29). La región 13150, apareció el 18 de noviembre en el hemisferio norte y desapareció el 22 de noviembre. Esta región alcanzó un tamaño de 140 millonésimas del hemisferio solar, además alcanzó una clasificación de D y una estructura magnética de beta. Produjo ocho destellos tipo C y un destello tipo M. La siguiente región en este mes fue 13151, la cual apareció el 21 de noviembre en el hemisferio sur y desapareció el 30 de noviembre. (Figura 30). Alcanzó un tamaño máximo de 120 millonésimas del hemisferio solar, además alcanzó una clasificación de H con una estructura magnética beta. Esta región produjo diez destellos tipo C. La última región importante fue 13152, la cual apareció el 23 de noviembre 2022 en el hemisferio sur, desapareciendo el 2 de diciembre 2022. Alcanzó un tamaño de 120 millonésimas del hemisferio solar, una clasificación de C y una estructura magnética de beta. Esta región produjo dos destellos tipo C y un destello tipo M. (Spaceweatherlive, 2022)

Durante diciembre obtuvo el valor más alto de Ciclo Solar No 25 hasta la fecha con un valor 101.9. Se vieron cinco regiones importantes: 13153, 13157, 13165, 13169 y 13176. La primera región, 13153, se vio desde el primero de diciembre hasta el 15 de diciembre sobre el hemisferio sur. Esta región alcanzó un tamaño de 1080 millonésimas del hemisferio solar, con una clasificación Macintosh de F y una clasificación magnética de beta-gama. Esta región produjo nueve destellos tipo C y un destello tipo M. Otra región importante fue 13157, la cual apareció el 3 de diciembre en el hemisferio norte y desapareció el 14 de diciembre 2022. Esta región alcanzó un tamaño de 230 millonésimas del hemisferio registró una clasificación C y una estructura magnética de beta-gama produciendo nueve destellos tipo C y un destello tipo M. La siguiente región para destacar de este mes fue la 13163, vista el 10 al 22 de diciembre en el sur. Alcanzó un tamaño de 530 millonésimas del hemisferio solar, una clasificación Macintosh de E y una estructura magnética beta-gama. Esta región produjo 9 destellos tipo C y 1 destello tipo M. La región 13165 se registró por primera vez, apareciendo el 11 de diciembre en el hemisferio sur y desapareció el 22 de diciembre 2022. Alcanzó un tamaño de 530 millonésimas del hemisferio solar, con una clasificación Macintosh de E y una clasificación magnética de beta-gama produciendo 9 destellos tipo M. Otra región fue 13169, la cual apareció el 17 de diciembre en el hemisferio norte y desapareció el 30 de diciembre. Alcanzó un tamaño de 490 millonésimas del hemisferio solar, con una clasificación Macintosh de F y una clasificación magnética de beta-gama. Produjo seis destellos tipo C y cuatro destellos tipo M. La última región importante del año fue 13176,

la cual apareció el 26 de diciembre 2022 en el hemisferio norte y desapareció el 7 de enero 2023. Alcanzó un tamaño de 430 millonésimas del hemisferio solar, registró una clasificación E y una estructura magnética beta-gama. Produjo seis destellos tipo C y cuatro destellos tipo M. (Spaceweatherlive, 2022).

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En primera instancia, la actividad solar se midió y se documentó a través del número de Wolf tiene una variación considerable e importante en el periodo entre enero del 2020 y diciembre de 2022.

El incremento de la actividad solar se nota inicialmente en la disminución de días sin regiones activas observadas: 123 días en el año 2020, 36 días en el 2021 y solo dos en el 2022. Esta actividad calculada a partir del Número de Wolf empezó a incrementarse a partir de octubre de 2020 y tuvo un mayor valor a partir de enero de 2022. Debido a la gran variabilidad de los datos mensuales se hizo una suavización de los datos utilizando el método de trece meses corridos aprovechando la base de datos generada para el Ciclo Solar No 24 (Moreno, F., Patiño, S. y Wills, E., 2021). En la figura 31 se muestra la actividad de los Ciclos 24 y 25 y en ella se observa claramente que el Ciclo 25 muestra que alcanzará un mayor valor del No de Wolf durante el máximo solar esperado en el año 2025.

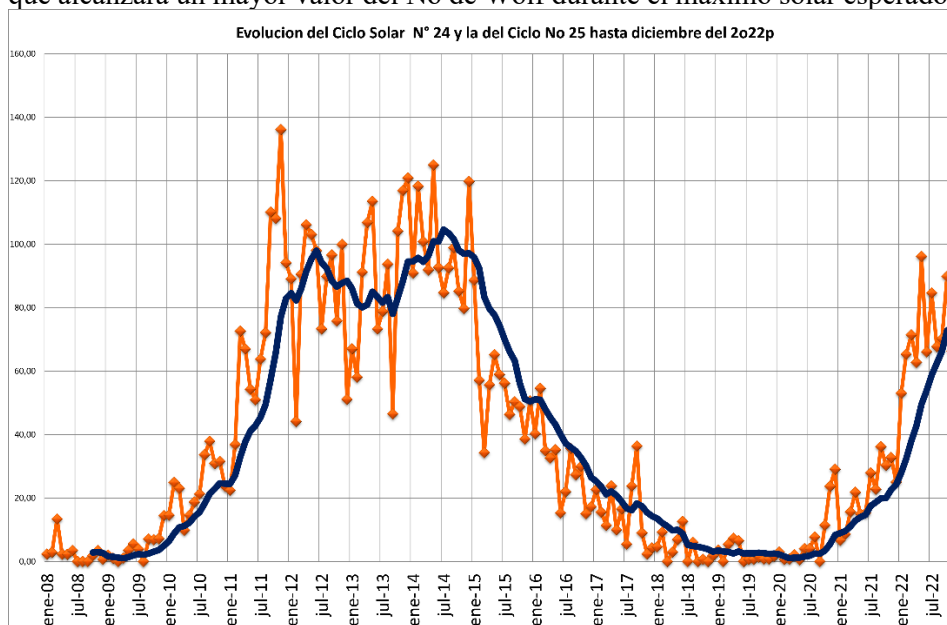


Figura 31. Promedio mensual del Número de Wolf entre los años 2008 y 2022, suavizado con promedios móviles de 13 meses. Ciclos 24 y parte del 25.

Las regiones activas más importantes durante el período 202-2022 fueron: la 13014 que alcanzó 1190 millonésimas del hemisferio solar la cual se observó durante la última quincena de mayo de 2022. Y la región 3153 con 1080 millonésimas, vista al iniciar diciembre del mismo año. Un análisis de los hemisferios donde aparecieron las principales regiones activas muestra que están muy similares.

En la Tabla 4 se muestran las regiones activas que produjeron destellos tipo X, que son las explosiones solares más importantes. La información nos muestra que en el 2021 solo se produjeron dos destellos tipo X y en el año 2022 se identificaron siete destellos. Durante el periodo 2020 a 2022 se produjeron

cinco destellos en el hemisferio norte mientras que en el sur solo tres. (Spaceweatherlive, 2021) (Spaceweatherlive, 2022).

Tabla 4. Destellos tipo X producidos durante el periodo 2020 a 2022 (fuentes:Spaceweatherlive, 2021) y (Spaceweatherlive, 2022)

REGIÓN ACTIVA	DESTELLO TIPO X	HEMISFERIO	FECHA
12838	X1.5	Norte	3 julio de 2021
12887	X1.0	Sur	28 octubre 2021
12992	X2.25	Sur	20 abril 2022
13006	X1.5	Sur	10 mayo 2022
12975	X1.3	Norte	30 marzo 2022
12994	X1.1	Norte	17 abril 2022
12994	X1.1	Norte	30 abril 2022
13110	X1.1	Norte	2 octubre 2022
-----	X1.1	-----	3 mayo 2022

Comparando las tablas 2 y 3 con la Tabla 4, se encontró que ninguna de las regiones activas más extensas del 2021 y 2022 produjeron destellos tipo X, mientras fueron observadas desde la Tierra, aunque algunas de ellas tienen una clasificación tipo D o E y una estructura magnética compleja. Otro resultado del análisis de esta tabla nos muestra una leve mayoría de en la producción de destellos del tipo X en el hemisferio norte sobre los generados en el sur

6. CONCLUSIÓN

A lo largo de la investigación se obtuvieron datos semanales que permitieron el análisis de la actividad solar en los años especificados previamente. Dichos datos incluyen el número de manchas y regiones activas que se presentaron en nuestra estrella y dieron paso al cálculo del Número de Wolf de cada día registrado. El Ciclo 25 mostró condiciones como el incremento de la actividad solar antes de lo esperado, a partir de enero de 2022. Lo anterior se confirma con el rápido decrecimiento de los días sin regiones activas que pasaron de 123 días en 2020 a tan solo dos en 2022. Por la observación de la gráfica del No de Wolf promedio mensual suavizado a trece meses podemos esperar que el máximo del Ciclo Solar No 25 será mayor que el correspondiente al ciclo Solar No 24. Aunque la información analizada hasta el año 2022 es todavía escasa para caracterizar el Ciclo No. 25 es importante estar alerta sobre la influencia del clima espacial sobre nuestro planeta, esto es la formación de auroras polares y la influencia de las tormentas solares sobre la tecnología como sucedió en febrero de 2022 con la pérdida de 40 satélites.

REFERENCIAS

- Beck, R., Hilbrecht, H., Reinch K. & Völker, P. (1995) Solar Astronomy Handbook. Willmann-Bell, pp. 305-312.
- Bohm-Vitense, E. (1997). Introduction to Stellar Astrophysics. Volume 2 stellar atmospheres. Cambridge University Press.

Galilei, G. (1613). *Istoria e Dimostrazioni intorno alle Macchie Solari*. Roma.

Hayakawa, H., Tamazawa, H., Kawamura, A.D. *et al.* (2015). Records of sunspot and aurora during CE 960–1279 in the Chinese chronicle of the Sòng dynasty. *Earth Planet Sp* **67**, 82

Moreno, F., Patiño, S. y Wills, E., 2021. Evolución del Ciclo Solar no 24 a partir de observaciones realizadas desde el Gimnasio Campestre. *Revista El Astrolabio*. Edición No. 20-1. Enero a junio de 2021.

Phillips, K. (1995) *Guide to Sun*. Cambridge University Press, pp. 188,366

Spaceweather (2021). Major X class solar flare. October 28 2021.

Spaceweatherlive,(2021) .Las 50 principales erupciones solares 2021.
<https://www.spaceweatherlive.com/es/actividad-solar/las-50-principales-erupciones-solares/ano/2021.html>

Spaceweatherlive,(2022).Las 50 principales erupciones solares 2022.
<https://www.spaceweatherlive.com/es/actividad-solar/las-50-principales-erupciones-solares/ano/2022.html>

FIGURAS

Figura 4 Regiones activas 12826 y 12824 vistas el 21 de mayo de 2021.

Figura 5 Región activa 12860 vista el 27 de agosto de 2021

Figura 6. El dos protuberancias sobre el limbo solar vista el 17 de septiembre.

Figura 7. Región activa 12887 vista el 28 de octubre de 2021

Figura 9. Protuberancias vistas el 2 de febrero de 2022

Figura 10. Regiones activas 12976 y 12975 observadas el 30 de marzo de 2022

Figura 11- Protuberancias y filamentos observados el 4 de abril de 2022.

Figura 12. Regiones activas 12993 y 12994 vistas el 22 de abril de 2022.

Figura 13 Región 13004 observada el 6 de marzo de 2022.

Figura 14 Seis protuberancias vista el 6 de mayo.

Figura 15 Región 13031 observada el 15 de junio.

Figura 16 Protuberancia vista el 3 de agosto a las 11 am.

Figura 17 Protuberancia vista el 3 de agosto a 1 pm.

- Figura 18 Región 13085 observada el 24 de Agosto.
- Figura 19 Protuberancia quiescente vista el 24 de agosto.
- Figura 20 Región activa 13088 observada el 26 de agosto.
- Figura 21 Región activa 13089 vista el 2 de septiembre
- Figura 22. Región activa 13098 observada el 13 de septiembre
- Figura 23. Gran protuberancia vista el 15 de septiembre
- Figura 24. Regiones activas 13107 y 13108 observadas el 26 de septiembre.
- Figura 25. Región 13112 vista el 3 de octubre.
- Figura 26. Región 13112 vista el 5 de octubre.
- Figura 27. Gran protuberancia observada el 26 de octubre de 2022.
- Figura 28. Imagen de las regiones 13140 y 13141 vista el 8 de noviembre.
- Figura 29. Protuberancia y filamento vistos el 3 de noviembre de 2022.
- Figura 30. Región 13151 vista el 28 de noviembre de 2023.