

Estimación de la actividad solar mediante exploración observacional con prismáticos.

Introducción.

El Sol es la estrella más próxima a nuestro planeta, con una edad aproximada de 4.500 millones de años; se estima que cuenta con unos 5.000 millones de años por delante. Tiene un diámetro de 1.392.530 kilómetros (km), lo que corresponde a 109 veces el diámetro de la Tierra. Se encuentra a una distancia de la Tierra de 149.597.870 km lo que equivale a una unidad astronómica (UA) y su luz tarda en llegar 8'18". Compuesto por el 90% de hidrógeno (H) y un 10% de Helio, con trazas de Carbono, Oxígeno, Sodio, Calcio, Hierro y Silicio. Tiene una luminosidad 600.000 veces más que la Luna llena. La temperatura solar en la superficie es de 5.800° Kelvin (K)¹.

La observación solar se caracteriza por la visión de diferentes estructuras conocidas como manchas solares, estructuradas en umbra, la zona más oscura y central; la penumbra, zona de menor color que rodea a la primera y ambas constituyen zonas de mayor actividad magnética y menor temperatura, provocadas por el paso de plasma de dichas zonas a regiones periféricas de menor magnetismo, siguiendo un gradiente de esta variable.

En la actualidad se utiliza la cantidad de manchas solares y grupos de manchas solares para estimar la actividad solar, mediante el cálculo del número de Wolf, desarrollado en 1848 para dicho objetivo, siendo compuesto por la siguiente expresión matemática. $R = k \cdot (10 \cdot g + f)$, donde R= número de Wolf, K= factor de reducción, g= número de grupos de manchas y f= número de manchas individuales³.

La astronomía con prismáticos es considerada la mejor manera de introducirse en el mundo de la observación de astros⁴, siendo de alta calidad de observación, producto de bajos aumentos, su imagen binocular, junto con un campo amplio de observación⁵.

Llegados a este punto la consulta de textos especializados en la utilización de prismáticos para la observación astronómica, muestran que toda la actividad descrita y desarrollada se basa en la observación y es de bajo desarrollo al momento cualquier capacidad de medición astronómica con prismáticos en relación con la limitación de bajos aumentos.

Con esta premisa es que nos proponemos el estudio de la efectividad de la medición de la actividad solar con la observación de prismáticos en nuestro caso de 20*80 y el cálculo del Número de Wolf para valoración cualitativa.

Material y métodos.

Se trata de un trabajo observacional, descriptivo, prospectivo.

La muestra se calcula tomando como universo a un año de observación (365 días), que con un intervalo de confianza del 95% (IC95%) nos determina un mínimo de 15 observaciones.

El material utilizado para la observación son prismáticos 20*80 con la protección de filtros solares Baader ASBF 80, sostenido en trípode con movimientos azimutales.

Se observan y contabilizan manchas solares y los grupos conformados con lo que se hace el cálculo del número de Wolf tomando como valor de K=1, comparando estos valores con los valores medios sin ningún tratamiento y extraídos con la autorización correspondiente, de la página [números de wolf \(parhelio.com\)](http://numeros-de-wolf.parhelio.com). En cada observación se realiza un dibujo esquemático que se guarda en el blog perteneciente al autor.

El estudio comparativo de valores se hizo mediante el software estadístico Infostat⁶. El estudio estadístico se centra en valores descriptivos de media, desviación estándar (DE), mediana, percentil 10 y 90. Su gráfica se realiza mediante formato box plot. El estudio de distribución se hace mediante Test de Shapiro Wilks, que con resultados fuera de la normal se intenta su conversión Gaussiana mediante transformación por logaritmo natural. El estudio de correlación numérica se hace por Test de Pearson (r) o Spearman según distribución.

Se compara la media por T de Student o Wilcoxon según distribución y la varianza mediante ANOVA.

El estudio de relación de variables se hace mediante regresión lineal, centrada en coeficiente de determinación, valores Beta (β), error estándar (EE) y diagrama de dispersión que grafica la vinculación de los valores estudiados. La evaluación de la significación estadística se realiza con valor p considerando como efectivos valores menores a 0,05. Los valores cualitativos se estudian por Chi cuadrado (X^2), graficando la relación entre sensibilidad y especificidad con curva ROC y evaluación del área bajo la curva.

Resultados.

Se completaron en total 22 observaciones en diferentes días y se procedió al registro en tabla 1 de los diferentes valores que incluimos en el análisis estadístico.

Tabla 1.

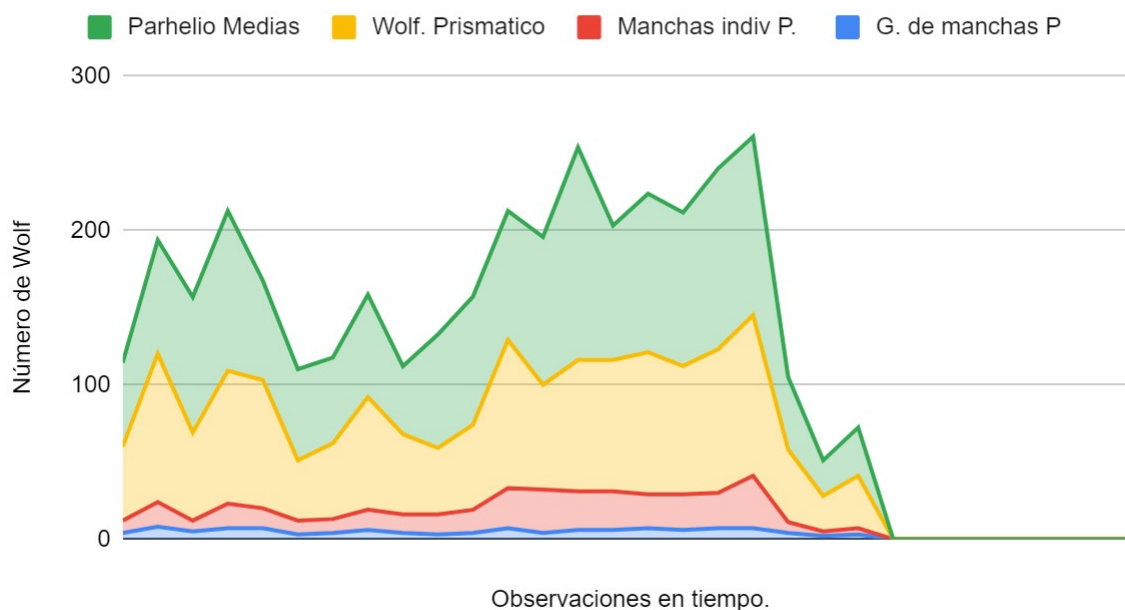
Tabla de observaciones.

Fecha	G. de manchas P	Manchas indiv P.	Wolf. Prismático	Clasif. W. Prism	Parhelio Medias	Clasif. Parhelio
16/04/22	4	8	48	Inferior	54,3	Inferior
17/04/22	8	16	96	Superior	73,6	Inferior
18/04/22	5	7	57	Inferior	87,7	Superior
24/04/22	7	16	86	Superior	103,6	Superior
05/05/22	7	13	83	Superior	64,4	Inferior
06/05/22	3	9	39	Inferior	59	Inferior
07/05/22	4	9	49	Inferior	55,6	Inferior
08/05/22	6	13	73	Inferior	66,4	Inferior
10/05/22	4	12	52	Inferior	44	Inferior
11/05/22	3	13	43	Inferior	73,5	Inferior
12/05/22	4	15	55	Inferior	83	Inferior
14/05/22	7	26	96	Superior	83,5	Inferior
15/05/22	4	28	68	Inferior	95,7	Superior
17/05/22	6	25	85	Superior	137,7	Superior
18/05/22	6	25	85	Superior	87	Superior
19/05/22	7	22	92	Superior	102,7	Superior
20/05/22	6	23	83	Superior	99,5	Superior
21/05/22	7	23	93	Superior	117	Superior
22/05/22	7	34	104	Superior	115,7	Superior
27/05/22	4	7	47	Inferior	47	Inferior
28/05/22	2	3	23	Inferior	23	Inferior
29/05/22	3	4	34	Inferior	31,3	Inferior

En la clasificación realizada en valores de Wolf calculada en base a observación con prismáticos y en la media de las observaciones realizadas en la página www.Parhelio.com, se utilizó como punto de corte la media de dichos valores.

En el gráfico 1 se muestran los valores de tabla 1, siendo ésta con carácter de valores apilados.

Número de Wolf.

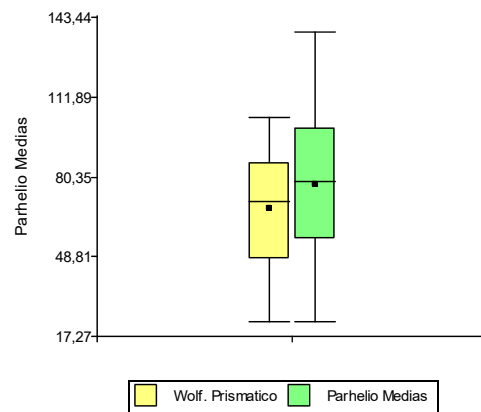


En la tabla 2 vemos las medidas de resumen de las variables centrales.

Variable	Media	D.E.	Mín	Máx	Mediana	Q1	Q3
G. de manchas P	5,18	1,74	2,00	8,00	5,50	4,00	7,00
Manchas indiv P.	15,95	8,58	3,00	34,00	14,00	9,00	23,00
Wolf. Prismático	67,77	23,74	23,00	104,00	70,50	48,00	86,00
Parhelio Medias	77,51	29,18	23,00	137,70	78,30	55,60	99,50

G. de manchas P= Grupo de manchas contadas con observación con prismáticos, Manchas indiv P= manchas contadas con visión con prismáticos. Wolf Prismáticos= número de Wolf calculado con valores de observación con prismáticos. Parhelio Medias= valores medios obtenidos de numerosos observadores y extraídos de la página Parhelio.

En el gráfico 2 se muestran los valores centrales de las dos variables estudiadas.



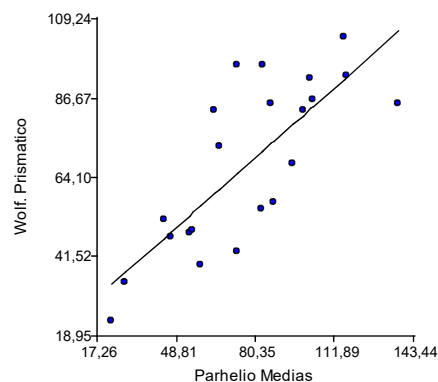
Wolf Prismáticos= número de Wolf calculado con valores de observación con prismáticos. Parhelio Medias= valores medios obtenidos de numerosos observadores y extraídos de la página Parhelio

El estudio de la distribución por Test de Shapiro Wilks mostró una característica dentro de la normalidad en ambas variables.

El estudio de correlación numérica muestra un valor de $r = 0,78$, $p < 0,0001$. Si establecemos el estudio de correlación particionado por la clasificación de la media de Parhelio muestra que en valores superiores $r = 0,53$, $p = 0,1466$, en valores inferiores $r = 0,71$, $p = 0,0069$. La evaluación de las medias por T de Student muestra apareada $T = 2,48$, $p = 0,0218$. Si se estudia la varianza mediante ANOVA muestra un valor de $F = 14,03$, $p = 0,0014$.

El estudio de regresión lineal entre las dos variables muestra $R^2 = 0,60$, valor $\beta = 0,63$, $EE = 0,11$, $p < 0,0001$.

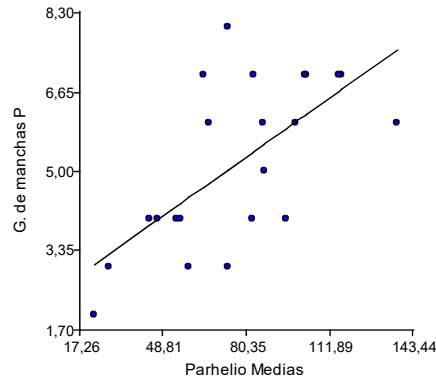
Gráfico 3.



Wolf Prismáticos= número de Wolf calculado con valores de observación con prismáticos. Parhelio Medias= valores medios obtenidos de numerosos observadores y extraídos de la página Parhelio

El estudio por igual estadístico de la relación entre el grupo de manchas solares visualizado con prismáticos y la media obtenida de www.parhelio.com muestra $R^2= 0,43$, valor $\beta= 0,04$, $EE= 0,01$, $p=0,0009$.

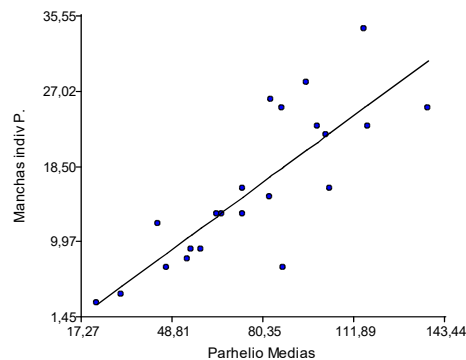
Gráfica 4.



G. de manchas P= Grupo de manchas contadas con observación con prismáticos, Parhelio Medias= valores medios obtenidos de numerosos observadores y extraídos de la página Parhelio.

Cuando se estudian por regresión lineal la relación de la media con el recuento de manchas individuales arroja un valor de $R^2= 0,67$, $\beta= 0,24$, $EE= 0,04$, $p<0,0001$.

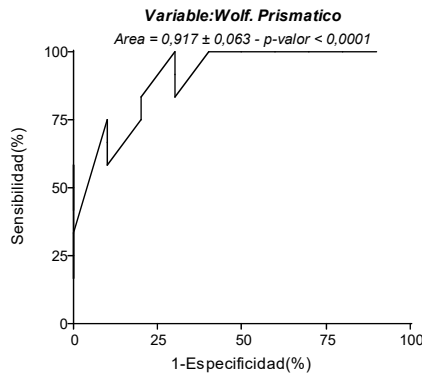
Gráfica 5.



Manchas indiv P= manchas contadas con visión con prismáticos. Parhelio Medias= valores medios obtenidos de numerosos observadores y extraídos de la página Parhelio.

El estudio categorizado muestra que el 78% de los cálculos obtuvieron valores superiores a la media de cada clase, mientras que los clasificados como inferiores al punto de corte constituyeron el 77%. $X^2=6,42$, $p=0,0113$.

En el gráfico 6 se puede ver la curva ROC.



Wolf Prismáticos= número de Wolf calculado con valores de observación con prismáticos.

Discusión.

Si analizamos el gráfico 1, producto de los valores de cálculo del número de Wolf según media de los múltiples observadores expresados en www.parhelio.com, es francamente claro que los valores provenientes de nuestras observaciones son menores que la medias informadas.

Estas observaciones se confirman cuando evaluamos el valor de la media acompañada por la DE expresado en la tabla 2 que muestra valores superiores a los reportados por los resultados de la media de los múltiples observadores, y que es expresado de forma gráfica con formato box plot en gráfica 2.

Estas diferencias se basan en una dispar definición, producto de la posibilidad de aumentos, que en el caso de los telescopios son de mayor valor y posibilidades de complementos, en contra de nuestro prismático cuyo valor de aumento se encuentra anclado permanentemente a los 20x.

La exploración que logramos como define muy bien el manual de observación astronómica con prismáticos⁴, es la aproximación del objeto de forma proporcional a dichos aumentos y en los 20x, tomando el valor de distancia del Sol a la Tierra, nuestra observación se realiza a 7.479.893,5 km (0,05 UA) de la estrella, no siendo implicada la apertura en este caso ya que la luminosidad del objeto observado no está en cuestión⁷, que recordemos es de 600.000 veces superior a la luminosidad de la Luna llena¹.

Nuestro patrón comparativo se realizó con la media de los datos aportados en Parhelio.com por múltiples observadores, siendo la única forma comparativa posible, por la disparidad a la hora del valor g en la fórmula de Wolf la cual, como se expresa claramente en el desarrollo teórico³ es un valor con interpretación dispar. Estimamos que de esta forma podemos incrementar la efectividad de nuestros cálculos comparativos, pasando a ser una posible fortaleza de nuestro análisis.

La evidencia demostrada por el estudio de la correlación numérica particionada por la media de los valores obtenidos de múltiples observadores, muestra significación estadística en los resultados inferiores, lo que verifica la limitación de los aumentos del prismático y justifica la diferencia de valores obtenidos, aunque en general es igualmente significativa, demuestra que la evaluación cualitativa en el cálculo de la actividad solar es efectivo.

Sin embargo y a pesar de esta diferencia descripta, si analizamos los valores de aumentos y disminución de la actividad solar, proveniente de Parhelio.com es francamente semejante a los que pudimos obtener en la observación con nuestro prismático.

Obtenemos en el estudio de la correlación numérica general valores con significación estadística, al igual que al estudiar de forma comparativa los valores de la media por T de Student y la varianza

mediante ANOVA y test de Fisher, demostrando un paralelismo efectivo de las dos mediciones realizadas en el mismo día.

Si nuestro análisis apunta al estudio de la relación de dependencia entre los valores, éstos muestran significación en la vinculación de los resultados medios de múltiples observadores con nuestros cálculos basados en la observación con prismáticos, como así también el número de manchas individuales y los grupos. En todos los casos la regresión lineal muestra que esta relación es directamente proporcional.

De todas formas y basándonos en nuestro objetivo de no solo evaluar los resultados numéricos sino también en los valores categóricos, obtenemos unos porcentajes de aciertos que expresan por evaluación de X^2 un valor de p con significación estadística.

La evidencia anterior se refuerza con el gráfico de la Curva de ROC, en la que se puede apreciar de una forma visual la vinculación de sensibilidad y especificidad con una área bajo la curva, muy próximo a la unidad (0,91) y también un valor de p significativo.

Conclusión.

Por los datos estudiados encontramos en la exploración observacional solar con prismáticos 20*80 y el cálculo de su actividad, mediante el número de Wolf, efectividad desde el punto cualitativo y aporta datos numéricos con posibilidad de análisis en el tiempo, con un coste contenido y de práctica accesible al mundo de los aficionados a la observación astronómica.

Bibliografía.

1. Berthier D. Libro Descubrir el cielo desde la ciudad. Editorial Larousse. Edición 2007.
2. Oliver J M.^a Libro Manual práctico del astrónomo aficionado. Editorial De Vecchi. 1987.
3. Parhelio, página de observación solar. [Www.parhelio.com](http://www.parhelio.com).
4. Bosh Bailach J, Bartual Lázaro M, Dragoev I. Objetos celestes para prismáticos 2º edición. Guía de campo. Universitat de Valencia. Edición 2020.
5. Moore P, Como descubrir el firmamento con prismáticos. Editorial Debate 1986.
6. Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
7. Migliavacca R, Oliver JM. El gran libro de la astronomía moderna. Editorial De Vecchi. 1979.

Autores: Eduardo Mill Ferreyra y Alicia Mulasano Meineri.