

**Factores de corrección para cálculo de número de Wolf
mediante observación con prismáticos 20*80. Trabajo con
muestra ampliada.**

Eduardo Oscar Mill Ferreyra, Alicia Mulasano Meineri.

Correo: eduardoomill@hotmail.com

Introducción.

En esta oportunidad presentamos la continuidad de la validación de tres fórmulas que generan una estimación matemática con objeto de aproximación de los cálculos del número de Wolf, basados en la observación con prismáticos 20*80, con la media de los observadores múltiples que depositan sus cálculos en la página de observación solar www.parhelio.com.

Es esta nuestra tercera acción de estudio en la línea de trabajo del cálculo de la intensidad de la actividad solar, mediante la estimación del número de Wolf, con observación por prismáticos.

En el primer trabajo estudiamos la capacidad cualitativa que presenta el cálculo del número de Wolf con la exploración visual con 20 aumentos¹.

Se continuó con un segundo trabajo donde desarrollamos tres fórmulas de ajuste matemático para aproximación entre los valores de Wolf calculados mediante observación con prismáticos y la media de los valores de múltiples observadores². En este último trabajo se calculó el rendimiento a modo de validación de las tres fórmulas desarrolladas en un total de 55 observaciones, que en esta continuación elevamos al doble, por tanto con un total de 110 y con el objetivo de realizar una evaluación de la eficacia del estudio estadístico.

Nuestro estándar central comparativo es el promedio diario del número de Wolf, extraído de www.parhelio.com³, teniendo en cuenta que dichos valores se obtienen con telescopios de observación solar, instrumentos que pueden ofrecer múltiples aumentos, lo que justamente limita nuestros prismáticos que como máximo solo nos ofrece 20x.

En la primera evaluación logramos explorar diferentes valores de K, siendo el valor más próximo a la media de Parhelio la que se calcula con 1,15, por lo que se desarrolla el proceso de comparación con esta variable, siendo comparada con las otras dos ensayadas.

Según aportamos en la conclusión de nuestra anterior entrega, las tres fórmulas utilizadas para ajuste de valores se mostraron efectivas, destacando una mínima superioridad de eficacia en la fórmula basada en el recuento de manchas individuales como base de cálculo².

Por lo descrito hasta el momento, nos proponemos como objetivo la continuidad de la evaluación de los resultados de las fórmulas de ajustes propuestas, ya iniciada en el trabajo anterior.

Material y métodos.

En esencia repetimos el procedimiento realizado en la primera experiencia, tomando como base las tres fórmulas de ajuste estudiadas en el trabajo inicial.

Las fórmulas son:

Número de Wolf calculado por observación directa con prismáticos 20*80.

Wolf Prismáticos= $1*(10*GM*MI)$.

Número de Wolf calculado con constante 1,15.

Wolf P. K 1,15= $1,15*(10*GM+MI)$.

Fórmula de corrección del número de Wolf calculado por observación con prismáticos 20*80.

FC WP= $0,94* \text{Wolf Prismáticos}+12,49$.

Número de Wolf calculado por recuento de manchas individuales con prismáticos 20*80.

$$NW \times MI = MI * 2,78 + 33,08.$$

Donde GM= grupo de manchas, MI= manchas solares individuales.

Es un trabajo observacional descriptivo y prospectivo. La muestra se calculó inicialmente con un intervalo de confianza del 95%, en referencia a un universo de 365 días. A este cálculo le corresponde una muestra de 15 observaciones, que en la evaluación anterior fue de 55 en diferentes días; ahora logramos un total de 110 observaciones diferentes, una por cada día.

La evaluación se centra en el procedimiento comparativo mediante análisis estadístico, siendo la variable independiente de comparación la media del número de Wolf tomado de la página www.parhelio.com.

El estudio estadístico, lo iniciamos con la exposición de los valores descriptivos de las variables estudiadas, centradas en media, desviación estándar (DE), mediana, percentil 25 y 75. Estos valores los traducimos a formato visual mediante gráfica de Box Plot. El estudio de las características de distribución se estudian mediante Test de Shapiro Wilks, los valores fuera de la normal, se modifican para su conversión mediante logaritmo neperiano.

Se estudia la eficacia de los resultados mediante el valor de intervalo de confianza al 95% y su expresión gráfica mediante variante de barras.

Las medias se comparan por Test de T con variante apareada.

La sensibilidad y la especificidad se estudian en su relación mediante curvas ROC, valorando el área bajo la curva y su valor p. Consideramos como significativos valores de $p < 0,05$.

Resultados.

Medidas resumen

Tabla 1.

Variable	n	Media	D.E.	Mín	Máx	Mediana	Q1	Q3
Parhelio Medias	110	73,35	29,70	23,00	167,50	71,15	51,50	93,80
Wolf. Prismatico	110	58,22	22,71	22,00	112,00	57,00	39,00	76,00
Wolf P. K 1,15	110	66,95	26,12	25,30	128,80	65,55	44,85	87,40
FC WP.	110	67,25	21,35	33,17	117,82	66,12	49,20	83,98
NW x MI.	110	73,11	22,72	38,64	127,60	69,22	55,32	91,46

Grafico 1.

Gráfica de los valores descriptos en versión numérica en la tabla 1.

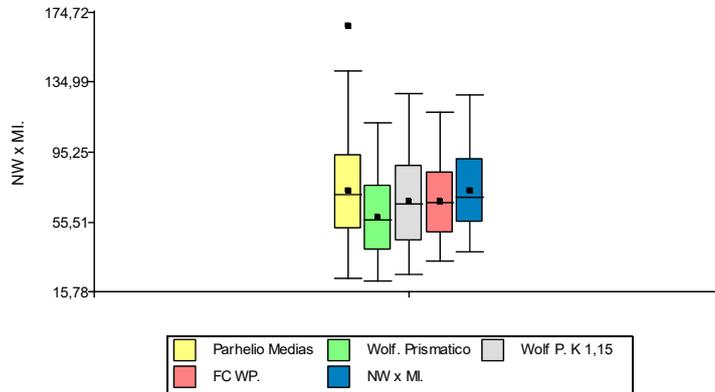


Tabla 2.

Estudio de las características de distribución de las variables centrales de la prueba.

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Parhelio Medias	110	73,35	29,70	0,96	0,0312
Wolf. Prismatico	110	58,22	22,71	0,94	0,0010
Wolf P. K 1,15	110	66,95	26,12	0,94	0,0010
FC WP.	110	67,25	21,35	0,94	0,0010
NW x MI.	110	73,11	22,72	0,91	<0,0001

Tabla 3.

Estudio de las diferencias obtenidas en las medias con la modificación ejercida por las fórmulas de corrección respecto a la observación directa con prismáticos.

Prueba T (muestras apareadas)

Obs(1)	Obs(2)	N	Media(1)	Media(2)	DE(dif)	T	Bilateral
Wolf. Prismatico	Wolf P. K 1,15	110	58,22	66,95	3,41	-26,88	<0,0001
Wolf. Prismatico	FC WP.	110	58,22	67,25	1,37	-69,31	<0,0001
Wolf. Prismatico	NW x MI.	110	58,22	73,11	14,41	-10,84	<0,0001

Intervalos de confianza

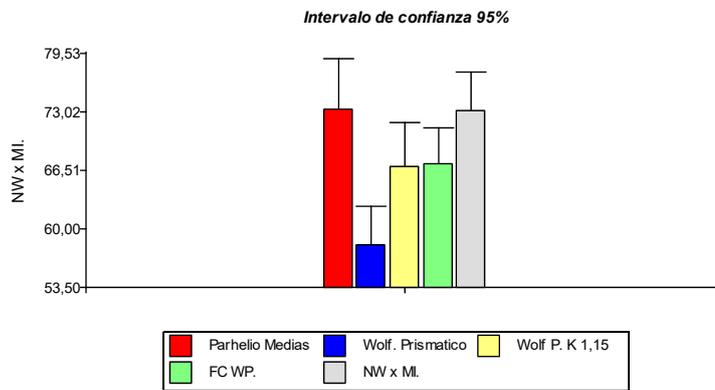
Tabla 4.

Estudio del cálculo del intervalo de confianza al 95% de los diferentes resultados obtenidos con el ajuste matemático y la observación directa.

Variable	Parámetro	Estimación	E.E.	n	LI(95%)	LS(95%)
Parhelio Medias	Media	73,35	2,83	110	67,74	78,97
Wolf. Prismatico	Media	58,22	2,17	110	53,93	62,51
Wolf P. K 1,15	Media	66,95	2,49	110	62,01	71,89
FC WP.	Media	67,25	2,04	110	63,21	71,28
NW x MI.	Media	73,11	2,17	110	68,82	77,40

Gráfico 2.

Expresión gráfica de los valores anteriormente descritos en tabla 4.



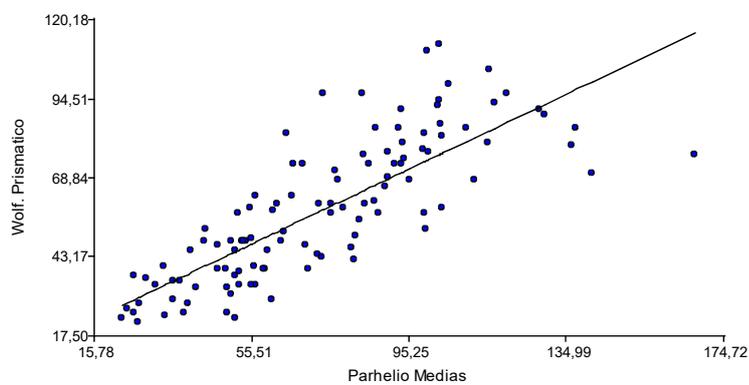
Estudio de regresión lineal

Se estudia la relación entre la media de Parhelio como variable independiente y las fórmulas propuestas como variables dependientes.

Wolf Prismáticos.

Gráfico 3.

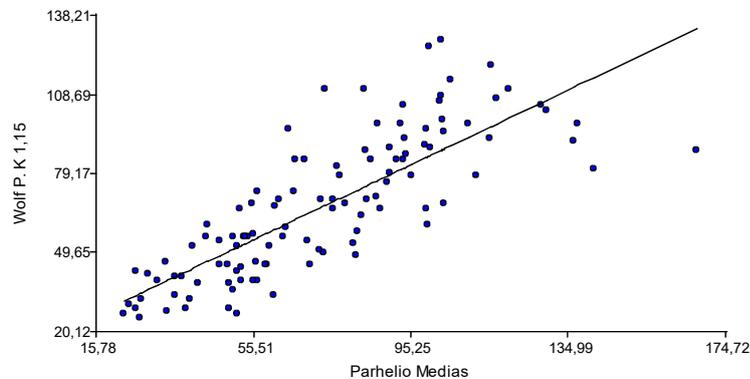
$R^2= 0,64$, $\beta=0,61$, $EE=0,04$, $T=13,82$, $F=191,02$, $p<0,0001$.



Wolf P. K1,15.

Gráfico 4.

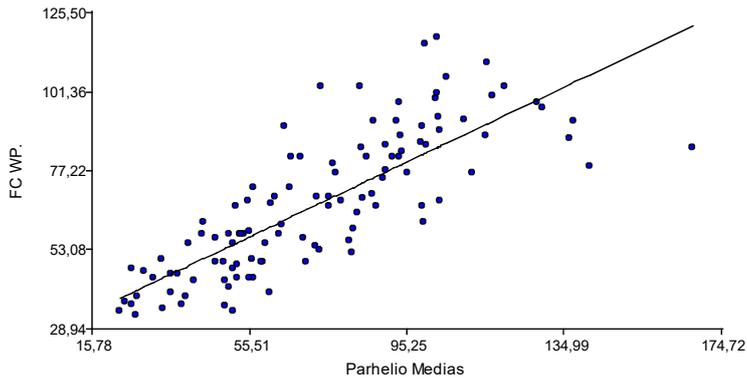
$R^2=0,64$, $\beta=0,7$, $EE= 0,05$, $T=13,82$, $F=13,82$, $F=191,02$.



FC WP.

Gráfico 5.

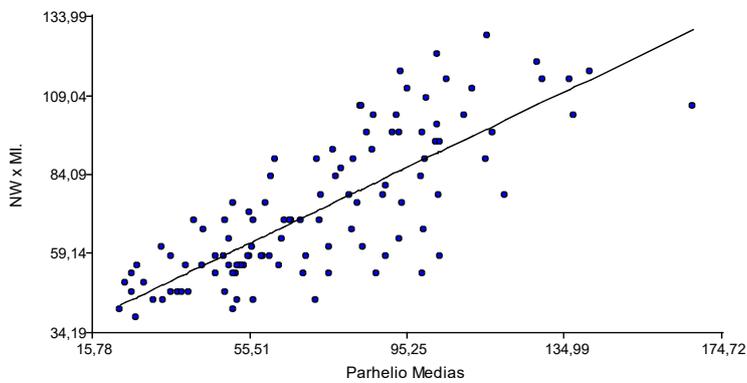
$R^2= 0,64$, $\beta=0,57$, $EE=0,04$, $T=13,83$, $F=191,24$, $p<0,0001$.



NW x MI.

Gráfico 6.

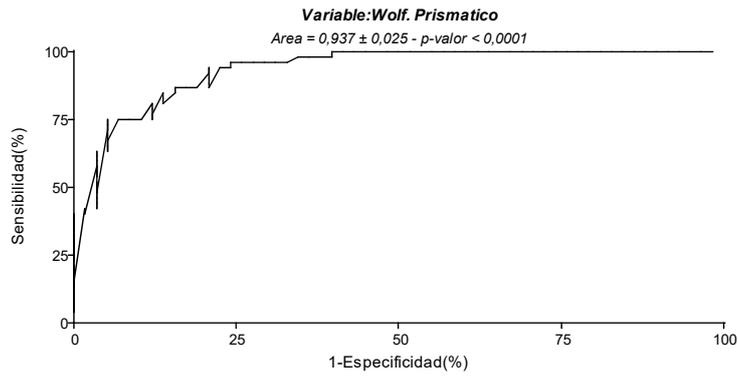
$R^2=0,62$, $\beta=0,6$, $EE=0,05$, $T= 13,18$, $F=173,66$, $p<0,0001$.



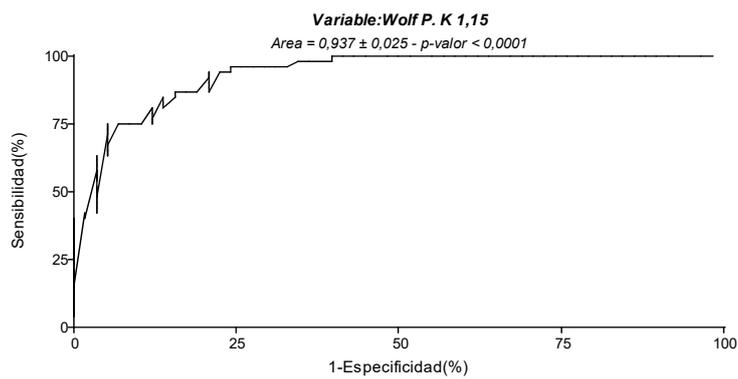
R^2 = coeficiente de variabilidad explicada, β = coeficiente de regresión lineal, EE= error estandar, T= prueba T, F= valor de Test de Fisher para estudio de varianza.

Curvas ROC

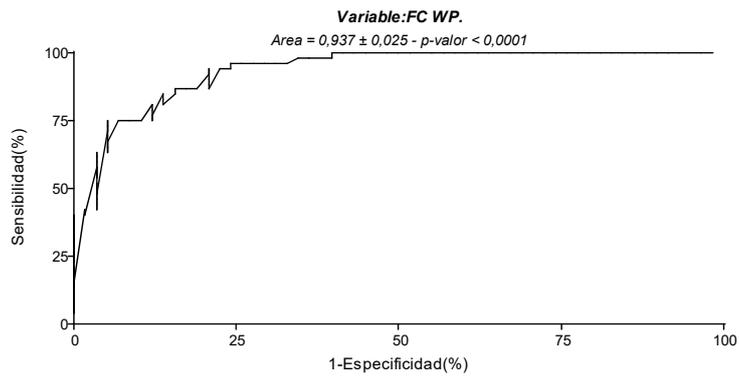
Gráfica 7.



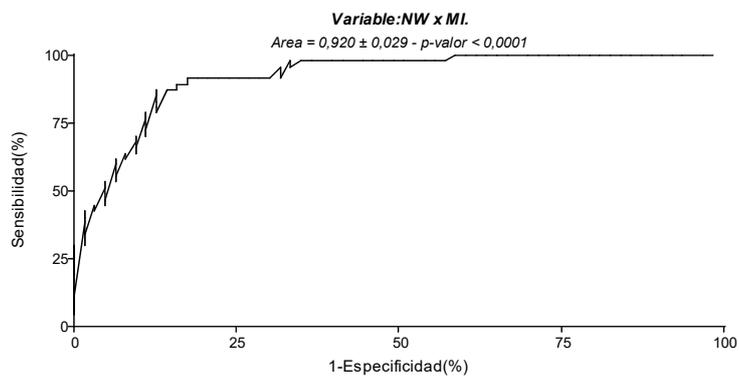
Gráfica 8.



Gráfica 9.

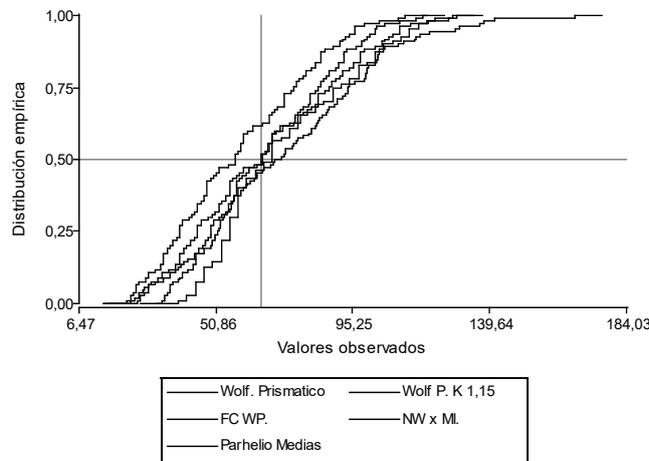


Gráfica 10.



Distribución de las variables de forma empírica.

Gráfica 11.



En este gráfico se muestra la distribución de los datos de cálculo obtenidos con las diferentes fórmulas siendo separados por dos líneas de corte que corresponden al percentil 50 en el eje Y. En el eje X el punto de corte corresponde a 65,55, perteneciente a la mediana de Wolf P. K 1,15.

Discusión.

En el análisis de los valores de resumen de las diferentes formas de cálculo en comparación con los valores medios tomados del número de Wolf de la página Parhelio, encontramos que en el valor de media y DE, la fórmula de corrección basada en el recuento de manchas solares es la que más proximidad obtiene. Esta misma apreciación se puede extender al valor de mediana, percentil 25 y 75.

Diferente evidencia se expresa en los valores mínimos donde la el cálculo obtenido con la observación directa con prismáticos es la que más se aproxima al menor valor de Wolf promedio de Parhelio, siendo sin duda una aproximación relacionada con la limitación visual generada por el límite de aumentos aportado por el instrumento que estudiamos^{4,5}.

En igual análisis los valores mínimos obtenidos con la fórmula de corrección con $K=1,15$, muestra una aproximación interesante en la efectividad.

En el valor máximo obtenido por las medias de www.parhelio.com logra un valor de 167,5, siendo el máximo según la fórmula de corrección 128,8, usando como constante 1,15 y 127,6 en la fórmula de MI. Calculamos la cantidad de resultados de parhelio que superaron estos valores máximos y se obtiene de la muestra de 110 observaciones diarias un total de 6 lo que es un 5,45%, no siendo una cantidad de alta representación.

La gráfica N1 con formato Box Plot muestra en forma visual los valores analizados.

En la tabla 3 se puede ver la significación estadística demostrada en la comparación de las medias obtenidas por las fórmulas de corrección propuestas y la obtenida con el cálculo del número de Wolf generado por observación directa con prismáticos.

Esta evidencia nos revela la efectividad de las modificaciones realizadas a los iniciales cálculos del número de Wolf por el recuento directo de manchas individuales y de grupos de manchas con un instrumento de limitados aumentos.

Al estudiar los valores del intervalo de confianza al 95% la fórmula de corrección que obtiene resultados más próximos a los de la media de Parhelio es la basada en las manchas individuales, que se pueden evidenciar en la gráfica 2, con opción de formato de barras y que muestra de forma visual lo expresado numéricamente.

En el estudio de la regresión lineal entre la media de Parhelio con las diferentes fórmulas de cálculo de número de Wolf con observación por prismáticos 20*80 muestran todas relación positiva directamente proporcional, con significación estadística por valor de p. El coeficiente de variabilidad explicada en todas las propuestas de cálculo, devuelve igual valor, excepto en la fórmula basada en el recuento de manchas individuales donde cae un 2%. El cálculo del error estándar se muestra entre 4 y 5 centésimas, lo que nos posiciona en una falta de importancia en este concepto, que es el valor que muestra la diferencia entre los valores reales y los estimados de una regresión lineal, asumiendo como valor independiente, la media de Parhelio.

Los gráficos desde el número 3 al 7 nos muestran visualmente los diagramas de dispersión de dichos datos.

La relación establecida por regresión lineal, muestra lo que en el trabajo anterior², nos demostraba la simetría evidenciada con las 55 observaciones, a nivel cualitativo.

Al estudiar la relación entre sensibilidad y especificidad realizada mediante curvas ROC, en todas las propuestas de corrección, los valores de área bajo la curva son superiores a 0,9 con significación estadística. La fórmula basada en el recuento de manchas individuales presenta un AUC=0,92 siendo las demás de 0,937 a expensas de un leve incremento en el EE de 2 milésimas, lo que nos permite definir de igual efectividad estos resultados.

En la gráfica 11 podemos ver el comportamiento de distribución no solo de nuestras propuestas de cálculo sino también la media de Parhelio, en relación al cálculo con distribución empírica. En esta imagen podemos ver un comportamiento con carácter paralelo y por tanto demuestra efectividad. El percentil 50 marcado en el eje de las Y que se intercepta con una perpendicular, que partiendo del eje de X, coincide con la mediana de la fórmula de corrección con $K=1,15$.

Por los valores obtenidos y en relación a valores mínimos y máximos, el cálculo obtenido por observación directa con prismáticos es efectiva para los de valor más bajo, mientras que en general los valores que son superiores a su media (58,22), es necesario un ajuste por conversión matemática para lo que cualquiera de nuestras propuestas demuestran eficacia.

Si asumimos como parámetro de comparación el percentil 75 o el valor máximo, el uso de un valor $K=1,15$ o la fórmula que se basa en el recuento de manchas individuales demuestran eficacia.

La diferencia obtenida se basa en la capacidad de aumentos aportado por el prismático, en este caso un valor total de 20x, que es sólido para números de Wolf bajos pero queda sin posibilidad de comparación en el caso de los aumentos aportados por cualquier telescopio.

Si tomamos como consejo el detalle del instrumental que nos aporta el libro Sol⁶, en su página 115, nos expresa que lo más aconsejable es utilizar una apertura de telescopio moderada y bajos aumentos, considerando como bajos 80x o 90x. Es destacable que el propio Rudolf Wolf utilizara un refractor de 80 milímetros de apertura, f/14 y con 64x de aumentos.

Estos valores descriptos, no son nada próximos a nuestro instrumento, pero debemos aceptar que unos prismáticos como los que utilizamos, son un instrumento de utilidad para la observación y la medición de un valor como el número de Wolf.

Por su relación coste efectividad se podría decir que se presenta como una posibilidad para aquellas personas que sin hacer una inversión importante, ofrece la posibilidad de una observación eficaz y con la oportunidad de la realización de mediciones de la cuantía de la actividad solar, que nos estimulan a la continuidad de esta afición.

Esta reflexión nos ofrece un escenario con doble rédito, tanto para una posibilidad de aumento de la cantidad de aficionados y de observaciones, como también del aumento de datos obtenidos en diferentes condiciones de medición.

Conclusiones.

Por los resultados logrados las propuestas de ajuste para el cálculo del número de Wolf mediante observación con prismáticos 20*80 muestran efectividad, en valores superiores a la media, siendo por debajo de este punto de corte el cálculo directo con el recuento observacional con el mencionado instrumento.

Bibliografía.

1. Mill Ferreyra E, Mulasano Meineri A. Estimación de la actividad solar mediante exploración observacional con prismáticos. www.parhelio.com. Junio 2022.
2. Mill Ferreyra E, Mulasano Meineri A. Factores de corrección para el cálculo de número de Wolf por observación mediante prismáticos 20*80. www.parhelio.com. Septiembre 2022.
3. Parhelio, página de observación solar: 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. Ruiz Fernández J. El Sol. Editorial Astromarcombo. Primera edición, año 2018.