

Factores de corrección para cálculo de número de Wolf por observación mediante prismáticos 20x80.

Eduardo Oscar Mill Ferreyra- Alicia Mulasano Meineri.

Introducción.

Es este un trabajo que continúa el anterior donde se exploró el cálculo de la actividad solar mediante observación con prismáticos 20*80¹. En base a la limitación de los aumentos aportados por este instrumento^{2,3}, detectamos una asimetría en los valores superiores a la media del número de Wolf. Según las características observacionales aportadas por los prismáticos^{4,5} establecimos esta nueva exploración.

Comprobados los valores de diferencia entre el número de Wolf en la media, determinados por el cálculo de múltiples observadores, datos tomados de la página: www.parhelio.com y los valores obtenidos de la observación con prismáticos de 20*80, éstos muestran resultados desiguales que se relacionan con la diferencia de aumentos entre los instrumentos utilizados. Mientras los telescopios pueden ofrecer la posibilidad de diferentes aumentos en relación con la combinación de diferentes distancias focales de múltiples oculares, los prismáticos encuentran esta función a una única posibilidad según su diseño.

Por esta razón para tratar de corregir esta diferencia instrumental y basados en diferentes conceptos, nos proponemos establecer factores de corrección que puedan aproximar mediante ajustes matemáticos los valores obtenidos con instrumentos con mayor potencia en los aumentos utilizados.

Material y métodos.

Para el objetivo que nos proponemos ideamos tres formas de corrección: la primera basada en regresión lineal; establecemos la relación entre los datos obtenidos por observación con prismáticos y la media de múltiples observadores, obteniendo la diferencia con lo que se desarrolla la fórmula de corrección según a la ecuación de la recta.

En segundo lugar y por la experiencia aportada por el propio astrónomo Rudolf Wolf modificamos la constante de la fórmula a diferentes valores contenidos entre 1 y 2, adoptando como luego se verá el valor con mayor aproximación a la media de los cálculos aportados por múltiples observadores.

Por último y en base a la inestabilidad conceptual de grupo de manchas establecemos la relación existente entre el recuento total de manchas individuales obtenidas por observación con prismáticos y la media de múltiples observadores del número de Wolf. Por estudio de regresión lineal y basados en la ecuación de la recta obtenida estudiamos una posible corrección de cálculo.

Comparamos estos valores entre las medias diarias de múltiples observadores, con los valores obtenidos de la observación directa con prismáticos.

Desarrollo de los factores de corrección.

1. Evaluación de múltiples valores de K en fórmula de número de Wolf.

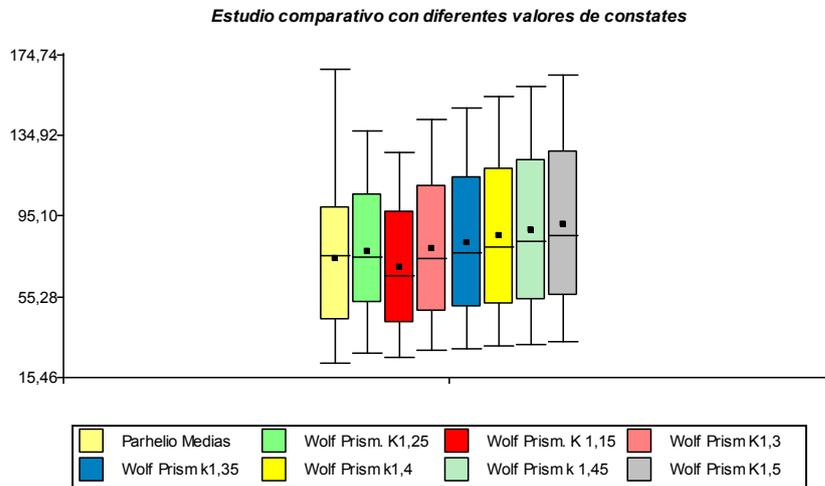
Medidas resumen

Tabla 1.

Variable	n	Media	D.E.	Mín	Máx	Mediana	Q1	Q3
Parhelio Medias	55	73,96	35,35	22,70	167,50	75,70	43,80	99,90
Wolf Prism. K1,25	55	78,04	31,03	27,50	137,50	75,00	52,50	106,25
Wolf Prism. K 1,15	55	70,00	29,44	25,30	126,50	65,55	42,55	97,75
Wolf Prism K1,3	55	79,13	33,28	28,60	143,00	74,10	48,10	110,50
Wolf Prism k1,35	55	82,18	34,56	29,70	148,50	76,95	49,95	114,75

Wolf Prism k1,4	55	85,22	35,84	30,80	154,00	79,80	51,80	119,00
Wolf Prism k 1,45	55	88,27	37,12	31,90	159,50	82,65	53,65	123,25
Wolf Prism K1,5	55	91,31	38,40	33,00	165,00	85,50	55,50	127,50

Gráfica 1.

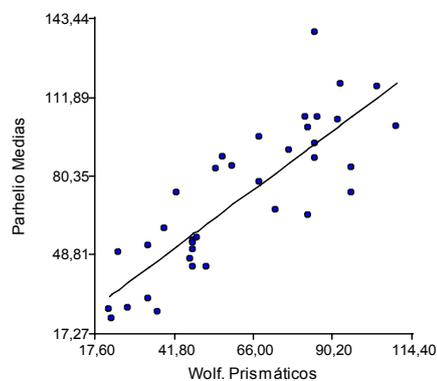


Evaluando los valores descriptivos y la gráfica comparativa con las medias obtenidas de www.parhelio.com se asume como valor de mayor aproximación al valor de K=1,15.

2. Regresión lineal entre número de Wolf calculado por observación con prismáticos 20*80 y media de múltiples observadores tomados de www.parhelio.com

N=36; $R^2 = 0,70$; Wolf Prismáticos Estadístico $\beta = 0,94$. Constante $\beta = 12,49$. $p < 0,0001$; $F = 79,20$. $p < 0,0001$

Gráfica 2.

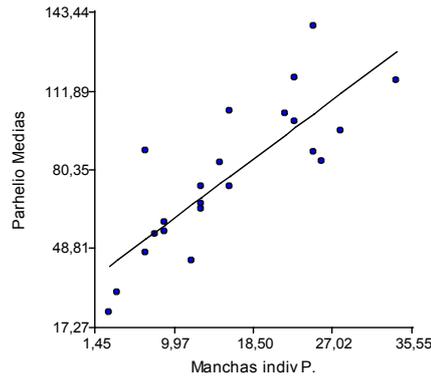


Factor de corrección= $0,94 * \text{Wolf prismático} + 12,49$.

3. Desarrollo de la fórmula en base al recuento de la exploración observacional del número total de manchas individuales y su relación con los valores medios de múltiples observadores de www.parhelio.com.

$N=22$, $R^2= 0,67$, $\beta= 2,78$ (manchas individuales), $p<0,0001$, $\beta= 33,08$, $p=0,0004$, $F=40,62$, $p<0,0001$.

Gráfica 3.



Fórmula en base a manchas individuales= $MI * 2,78 + 33,08$.

MI= manchas individuales.

Se trata de un trabajo observacional, descriptivo, prospectivo. La muestra se calculó con un intervalo de confianza del 95% (IC95%) en base a un año de observación con una exposición diaria por lo tanto el universo se extiende a 365 días, arrojando como mínimo 15 observaciones como muestra fiable.

Con estas fórmulas se realizan los cálculos correspondientes en base a la muestra compuesta por 55 observaciones de diferentes días. Se estudia el comparativo adoptando como variable independiente (estándar dorado) la media de las observaciones extraídas de la página www.parhelio.com, sin tratamiento alguno, proveniente de los cálculos de múltiples observadores junto con los valores del número de Wolf calculado por la observación con prismáticos 20*80.

Centrados en este último valor se hacen los cálculos según las fórmulas propuestas para este trabajo y desarrolladas en párrafos anteriores.

En el estudio estadístico comenzamos con análisis descriptivo de las variables centradas en media, desviación estándar (DE), mediana, percentil 10 y 90. Su expresión gráfica mediante box plot. La distribución se estudia por Shapiro Wilks en resultados fuera de la normal, se trata su conversión mediante el cálculo del logaritmo natural. El estudio de la media se compara por prueba T para datos apareados. La comparación entre las 3 variables se realiza mediante evaluación por comparación de intervalo de confianza al 95% y su expresión por gráfica de barras.

El estudio de la probabilidad de eficacia en el cálculo se estudia por Odds Ratio, mediante regresión logística múltiple.

La relación entre la sensibilidad y especificidad, se estudia con curvas ROC y evaluación mediante valor de p del área bajo la curva (AUC).

Se considera como significativos valores de $p < 0,05$.

En gráfico anexo se muestran los valores de las 55 observaciones que constituyen la muestra como también los valores de los cálculos sometidos a evaluación y la media obtenida de la página de observación solar Parhelio.

Resultados.

La muestra (N) es de 55 observaciones realizada en días alternos.

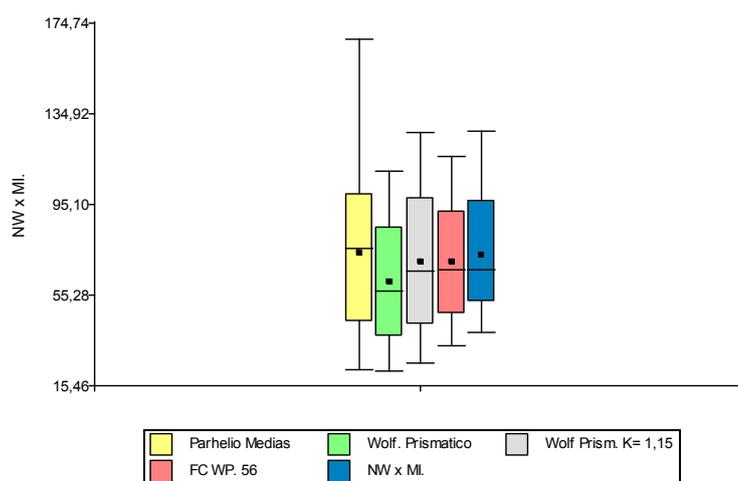
Tabla 2.

Medidas resumen

Variable	Media	D.E.	Mín	Máx	Mediana	Q1	Q3
Parhelio Medias	73,96	35,35	22,70	167,50	75,70	43,80	99,90
Wolf. Prismático	60,87	25,60	22,00	110,00	57,00	37,00	85,00
Wolf Prism. K= 1,15	70,00	29,44	25,30	126,50	65,55	42,55	97,75
FC WP.	69,73	24,06	33,17	115,89	66,12	47,27	92,39
NW x MI.	72,91	24,42	38,64	127,60	66,44	52,54	97,02

Parhelio Medias= parámetro independiente, corresponden a las medias de múltiples observadores y tomados de la página www.parhelio.com. Wolf Prismático= Número de Wolf calculado por observación mediante prismáticos 20*80, Wolf Prism. K=1,15= Número de Wolf calculado por constante = 1,15, FC WP= Factor de corrección del número de Wolf según fórmula propuesta en base a la regresión lineal. NW x MI= cálculo del Número de Wolf según recuento de manchas individuales. DE= desviación estándar. Mín= valor mínimo. Máx= valor máximo. Q1= primer cuartil. Q3= tercer cuartil.

Gráfica 4.



Parhelio Medias= parámetro independiente, corresponden a las medias de múltiples observadores y tomados de la página www.parhelio.com. Wolf Prismático= Número de Wolf calculado por

observación mediante prismáticos 20*80, Wolf Prism. K=1,15= Número de Wolf calculado por constante = 1,15, FC WP= Factor de corrección del número de Wolf según fórmula propuesta en base a la regresión lineal. NW x MI= cálculo del Número de Wolf según recuento de manchas individuales.

Estudio de distribución.

Shapiro-Wilks

Tabla 3.

Variable	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Parhelio Medias	73,96	35,35	0,93	0,0212
Wolf. Prismático	60,87	25,60	0,91	0,0010
Wolf Prism. K= 1,15	70,00	29,44	0,91	0,0010
FC WP.	69,73	24,06	0,91	0,0010
NW x MI.	72,91	24,42	0,89	<0,0001

Parhelio Medias= parámetro independiente, corresponden a las medias de múltiples observadores y tomados de la página www.parhelio.com. Wolf Prismático= Número de Wolf calculado por observación mediante prismáticos 20*80, Wolf Prism. K=1,15= Número de Wolf calculado por constante = 1,15, FC WP= Factor de corrección del número de Wolf según fórmula propuesta en base a la regresión lineal. NW x MI= cálculo del Número de Wolf según recuento de manchas individuales.

Con estos resultados se genera su conversión en los casos necesarios mediante el cálculo del logaritmo Neperiano y su transformación Gaussiana.

Comparación de medias.

Tabla 4.

Prueba T (muestras apareadas)

Observación (1)	Observación (2)	media(dif)	DE(dif)	T	Bilateral
Wolf. Prismático	Wolf Prism. K= 1,15	-9,13	3,84	-17,63	<0,0001
Wolf. Prismático	FC WP.	-8,85	1,54	-42,67	<0,0001
Wolf. Prismático	NW x MI.	-12,04	13,99	-6,38	<0,0001

Wolf Prismático= Número de Wolf calculado por observación mediante prismáticos 20*80, Wolf Prism. K=1,15= Número de Wolf calculado por constante = 1,15, FC WP= Factor de corrección del número de Wolf según fórmula propuesta en base a la regresión lineal. NW x MI= cálculo del Número de Wolf según recuento de manchas individuales.

Tabla 5.

Intervalos de confianza para la media.

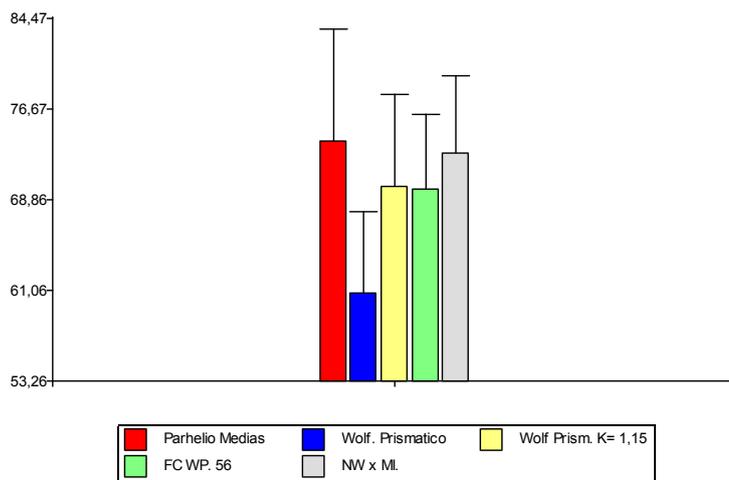
Intervalos de confianza

Variable	Parámetro	Estimación	E.E.	LI(95%)	LS(95%)
Parhelio Medias	Media	73,96	4,77	64,40	83,51
Wolf. Prismático	Media	60,87	3,45	53,95	67,79
Wolf Prism. K= 1,15	Media	70,00	3,97	62,04	77,96
FC WP.	Media	69,73	3,24	63,22	76,23
NW x MI.	Media	72,91	3,29	66,31	79,51

Parhelio Medias= parámetro independiente, corresponden a las medias de múltiples observadores y tomados de la página www.parhelio.com. Wolf Prismático= Número de Wolf calculado por observación mediante prismáticos 20*80, Wolf Prism. K=1,15= Número de Wolf calculado por constante = 1,15, FC WP= Factor de corrección del número de Wolf según fórmula propuesta en base a la regresión lineal. NW x MI= cálculo del Número de Wolf según recuento de manchas individuales.

EE= error estándar. LI y LS (95%) Límites inferior y superior del IC95%.

Gráfica 5.



Parhelio Medias= parámetro independiente, corresponden a las medias de múltiples observadores y tomados de la página www.parhelio.com. Wolf Prismático= Número de Wolf calculado por observación mediante prismáticos 20*80, Wolf Prism. K=1,15= Número de Wolf calculado por constante = 1,15, FC WP= Factor de corrección del número de Wolf según fórmula propuesta en base a la regresión lineal. NW x MI= cálculo del Número de Wolf según recuento de manchas individuales.

Regresión logística

Tabla 7.

Variable dependiente: Wolf. Prismático

Parámetros	Est.	E.E.	O.R.	Wald LI(95%)	Wald LS(95%)	Wald Chi ²	p-valor
Constante	-7,13	1,93	8,0E-04	1,8E-05	0,04	13,59	0,0002
Parhelio Medias	0,09	0,02	1,09	1,05	1,15	14,87	0,0001

Variable dependiente: Wolf Prism. K= 1,15

Parámetros	Est.	E.E.	O.R.	Wald LI(95%)	Wald LS(95%)	Wald Chi ²	p-valor
Constante	-7,13	1,93	8,0E-04	1,8E-05	0,04	13,59	0,0002
Parhelio Medias	0,09	0,02	1,09	1,05	1,15	14,87	0,0001

Variable dependiente: FC WP.

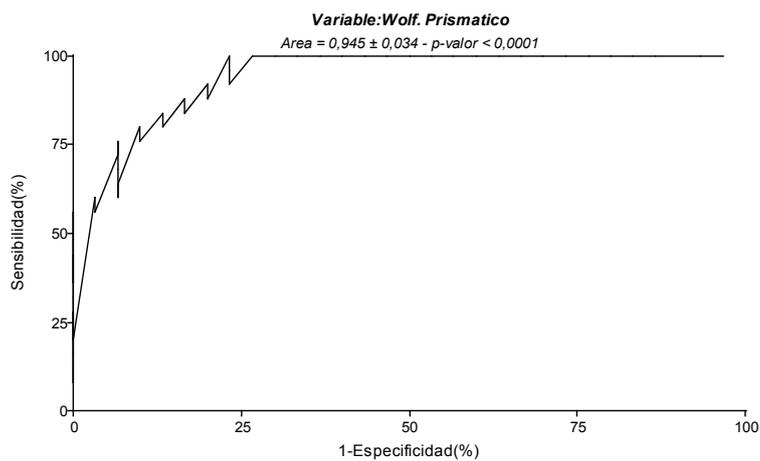
Parámetros	Est.	E.E.	O.R.	Wald LI(95%)	Wald LS(95%)	Wald Chi ²	p-valor
Constante	-7,13	1,93	8,0E-04	1,8E-05	0,04	13,59	0,0002
Parhelio Medias	0,09	0,02	1,09	1,05	1,15	14,87	0,0001

Variable dependiente: NW x MI.

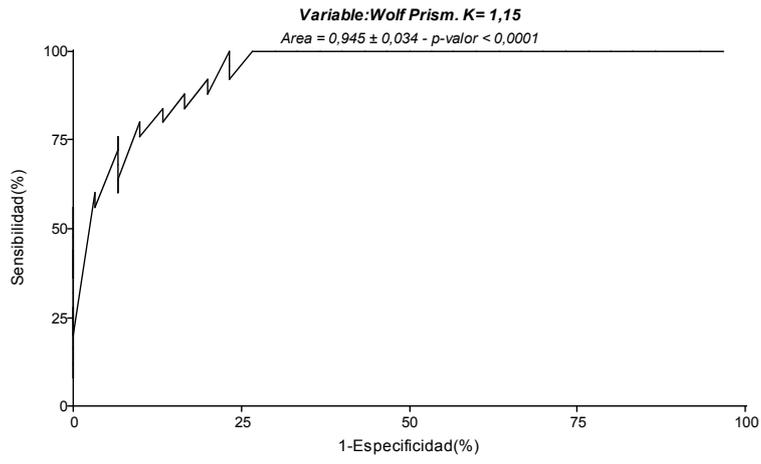
Parámetros	Est.	E.E.	O.R.	Wald LI(95%)	Wald LS(95%)	Wald Chi ²	p-valor
Constante	-9,32	2,78	8,9E-05	3,9E-07	0,02	11,26	0,0008
Parhelio Medias	0,11	0,03	1,12	1,05	1,19	12,10	0,0005

Curvas ROC.

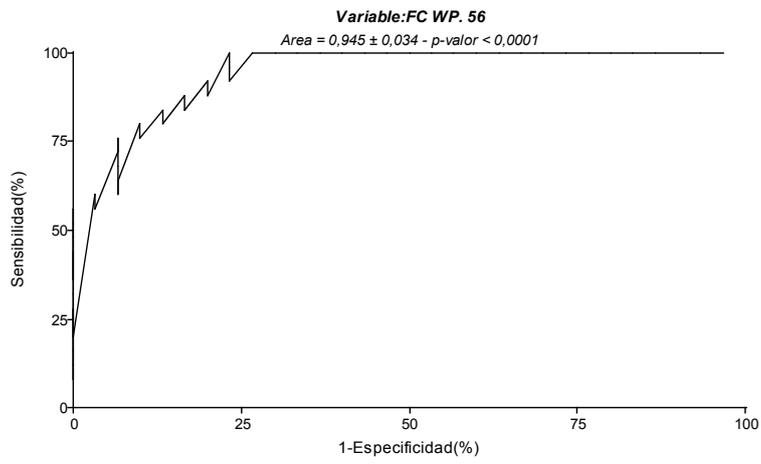
Gráfica 6



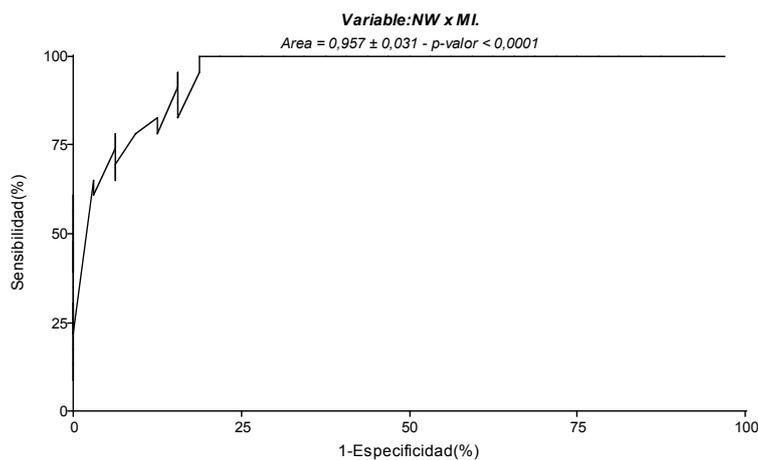
Gráfica 7



Gráfica 8.



Gráfica 9.



Discusión.

Como se puede ver en la sección de material y métodos, exponemos el desarrollo y la evaluación, mediante comparación de diferentes valores adjudicados a la constante K.

Con base al desarrollo histórico que se expone en el libro “El Sol”⁶, Rudolf Wolf en 1849, necesitó del ajuste matemático que aporta este factor para hacer posible una aproximación de sus valores calculados mediante el uso de un telescopio de 37 milímetros de apertura por 40x de aumentos, estableciendo para dicho instrumento un factor de corrección $K=1,5$ que le proporcionaba aproximación con los valores obtenidos por el refractor del Observatorio de Zurich.

En nuestro caso exploramos diferentes valores de K, tomados por prueba / error y los comparamos con las medias de múltiples observadores de la página www.Parhelio.com.

Como se puede evidenciar en el caso del prismático 20*80 que utilizamos en este trabajo, el factor de corrección que se aproxima según valores evidenciados en la tabla 1 y con el diagrama box plot que acompaña, el que mayor efectividad demuestra es $K=1,15$, por lo que utilizamos éste para su comparación posterior con otras fórmula diseñadas.

En los resultados aportados por esta propuesta de corrección, mejora los valores descriptivos tanto en la media como en la DE como se puede evidenciar en la tabla 2 y en la gráfica 4, en relación a los número de Wolf medios tomados como variable independiente. También mejora estos resultados en relación al número calculado por observación directa con los prismáticos ya expuesto en anterior trabajo¹.

El estudio de las medias entre el número de Wolf calculado por observación directa con prismáticos estudiado por Test T de Student para valores apareados muestra significación estadística, que nos posiciona en modificación mejorada.

En relación al cálculo del intervalo de confianza se puede ver una importante aproximación de nuestra propuesta respecto a la media y en comparación con los valores obtenidos por la observación directa sin procesamiento matemático. Esta afirmación se puede ver en la tabla y gráfica 5.

En el análisis de la probabilidad de efectividad en el cálculo, evaluado por OR, se obtiene significación estadística con una probabilidad de 1,09, valor semejante al valor independiente establecido de control.

En último análisis podemos ver en la Curva ROC correspondiente a la relación entre sensibilidad y especificidad, significación estadística y área bajo la curva de igual valor que el expuesto en el cálculo producido con visión directa.

El factor de corrección del número de Wolf calculado por observación directa con prismáticos 20*80, se desarrolló mediante el estudio de relación por regresión lineal entre los valores de la media del número de Wolf de www.parhelio.com con los valores de dicho número de actividad solar realizados mediante observación directa con prismáticos 20*80 con una muestra de 36 observaciones, 22 de las cuales constituyeron la muestra del anterior trabajo¹. Esta relación con un variabilidad explicada del 70% muestra que por cada unidad del número de Wolf calculado por observación con prismático, el estadístico β es igual a 0,94, a lo que se le debe sumar un valor constante de 12,94. Estos valores se pueden ver en la gráfica número 2.

Denominamos para su identificación a esta propuesta de cálculo como factor de corrección del número de Wolf calculado por observación con prismático. (FC NW).

Los cálculos de corrección evidenciados con la aplicación de la fórmula propuesta, muestran una eficaz modificación en la media y la DE si los comparamos con el cálculo basado en la observación con los 20x aportados por los prismáticos. Los valores puntuales se pueden ver en la tabla 2 y gráfica 4.

El estudio comparativo de las medias, muestra según estudio con Test T de Student apareados, valores significativos de p, tabla 4.

En cuanto al cálculo del IC al 95% muestra valores mejorados que con el cálculo observacional directo por prismáticos, siendo levemente menores a los aportados por el ajuste de la constante K a 1,15. La tabla 5 y el gráfico 5 muestran la evidencia descrita en este párrafo.

El estudio de probabilidad de acierto con la aplicación es de igual valor: 1,09 con valor significativo según estudio realizado por regresión logística y que se puede ver en la tabla 6.

También la relación entre sensibilidad y especificidad, graficada por la curva ROC con su AUC mantiene igual valor que con observación directa y con el ajuste de $K=1,15$, siendo todas de valor de 0,945, con proximidad a la unidad y con evaluación de significación muy importante siendo el valor de $p<0,0001$.

Como última propuesta de corrección y en base a la evidencia de bibliografía especializada^{6,7} que hace referencia a la problemática generada por la falta de definición precisa del concepto de grupo de manchas, es que nos proponemos en la muestra del trabajo inicial¹, con un total de 22 observaciones en días alternos, establecer el estudio de la relación con los valores de la media de múltiples observadores extraídos de Parhelio, mediante regresión lineal, con una variabilidad explicada del 67%, muestra que por cada mancha individual el número de Wolf en su valor medio se corresponde a 2,78, puntos a lo que se le debe realizar la suma de 33,08 puntos a modo de constante de ajuste.

Mostramos así una nueva forma de cálculo, que para su identificación la nombramos como número de Wolf calculado por recuento de manchas individuales, (NW x MI).

En este caso en el estudio de los valores descriptivos encontramos la mayor aproximación del número de Wolf calculado por observación directa con prismáticos de 20*80, valor que se acompaña de una destacada mejora respecto a las medias de las otras fórmulas propuestas. Estas afirmaciones se pueden verificar en la tabla 2 y gráfica 4.

El estudio comparativo de la media por Test T con valores apareados, muestra alta significación estadística.

El cálculo del intervalo de confianza de la media muestra el valor más próximo al evidenciado a la media de múltiples autores. Estos resultados se ven en la tabla y el gráfico n 5.

Destaca en nuestros resultados que la evaluación de probabilidad mediante OR obtiene un valor de 1,12 que es superior a las propuestas anteriores y guarda a su vez una significación estadística de importancia.

Por último y con igual importancia los resultados de la relación evidenciada entre sensibilidad y especificidad, evaluada gráficamente por curva ROC resulta en una mejora en el AUC que en este

caso supera a las demás propuestas de cálculo, llegando a 0,957 y aproximándose de forma eficaz a la unidad, con alta significación estadística, según un valor de $p < 0,0001$.

En la tabla 4 se muestran los resultados del estudio comparativo entre los valores del cálculo por observación directa mediante los prismáticos 20*80 del número de Wolf y los resultados obtenidos con las diferentes propuestas de este trabajo, obteniendo en todos los casos un valor de p altamente significativo, lo que nos permite afirmar que se puede descartar la hipótesis nula.

La evidencia acumulada en este trabajo, se puede proponer como el inicio de un posterior seguimiento de los valores centrales con mayor acumulación de observaciones y cálculos para analizar si se mantienen los valores obtenidos hasta el momento.

Conclusiones.

Por la evaluación realizada, las propuestas de cálculo con objetivo de establecer un factor de corrección al número de Wolf calculado por la observación con prismáticos 20*80, se muestran en general muy efectivas para tal fin, siendo la desarrollada en base al recuento de manchas individuales la que supera mínimamente a las otras dos fórmulas, y en base a la simplicidad que establece el recuento de las mismas se impone como probable ecuación recomendable.

Bibliografía.

1. Mill Ferreyra E, Mulasano Meineri A. Estimación de la actividad solar mediante exploración observacional con prismáticos. www.parhelio.com.
2. Bosh Bailach J, Bartual Lázaro M, Dragoev I. Objetos celestes para prismáticos 2º edición. Guía de campo. Universitat de Valencia. Edición 2020.
3. Moore P, Como descubrir el firmamento con prismáticos. Editorial Debate 1986.
4. Berthier D. Descubrir el cielo. Editorial Larousse. 2007. Versión española.
5. Lacroux J, Legrand C. Descubrir la Luna. Editorial Larousse. 2004. Versión española.
6. Ruiz Fernández J. El Sol. Editorial Astromarcombo. Primera edición, año 2018.
7. Parhelio, página de observación solar: www.parhelio.com.

Anexo.

Fecha	Wolf. Prismatico	Wolf Prism. K 1,15	Parhelio Medias	FC WP..	NW x MI.
16/04/22	48	55,2	54,3	57,61	55,32
17/04/22	96	110,4	73,6	102,73	77,56
18/04/22	57	65,55	87,7	66,07	52,54
24/04/22	86	98,9	103,6	93,33	77,56
05/05/22	83	95,45	64,4	90,51	69,22
06/05/22	39	44,85	59	49,15	58,1
07/05/22	49	56,35	55,6	58,55	58,1
08/05/22	73	83,95	66,4	81,11	69,22
10/05/22	52	59,8	44	61,37	66,44
11/05/22	43	49,45	73,5	52,91	69,22
12/05/22	55	63,25	83	64,19	74,78
14/05/22	96	110,4	83,5	102,73	105,36
15/05/22	68	78,2	95,7	76,41	110,92
17/05/22	85	97,75	137,7	92,39	102,58
18/05/22	85	97,75	87	92,39	102,58
19/05/22	92	105,8	102,7	98,97	94,24
20/05/22	83	95,45	99,5	90,51	97,02
21/05/22	93	106,95	117	99,91	97,02
22/05/22	104	119,6	115,7	110,25	127,6
27/05/22	47	54,05	47	56,67	52,54
28/05/22	23	26,45	23	34,11	41,42
29/05/22	34	39,1	31,3	44,45	44,2
24/06/22	48	55,2	43,8	57,61	55,32
25/06/22	37	42,55	26	47,27	52,54
26/06/22	22	25,3	27	33,17	38,64
28/06/22	25	28,75	49,7	35,99	46,98
29/06/22	28	32,2	27,5	38,81	55,32
01/07/22	48	55,2	53,2	57,61	55,32
02/07/22	34	39,1	52,5	44,45	44,2
03/07/22	48	55,2	50,7	57,61	55,32
05/07/22	60	69	84,3	68,89	60,88

07/07/22	77	88,55	90,3	84,87	80,34
08/07/22	68	78,2	77,6	76,41	83,12
09/07/22	85	97,75	93	92,39	102,58
10/07/22	110	126,5	99,9	115,89	88,68
11/07/22	82	94,3	103,8	89,57	94,24
12/07/22	99	113,85	105,4	105,6	113,7
13/07/22	68	78,2	111,8	76,46	110,92
14/07/22	85	97,75	109,8	92,44	102,58
15/07/22	89	102,35	129,8	96,2	113,7
16/07/22	76	87,4	167,5	83,98	105,36
17/07/22	91	104,65	128,4	98,08	119,26
19/07/22	52	59,8	99,8	61,42	66,44
20/07/22	96	110,4	120,2	102,78	77,56
21/07/22	57	65,55	99,4	66,12	52,54
22/07/22	69	79,35	90	77,4	58,1
24/07/22	60	69	75,7	68,94	60,88
26/07/22	35	40,25	37,7	45,44	46,98
29/07/22	25	28,75	26	36,04	46,98
30/07/22	24	27,6	34	35,1	44,2
31/07/22	36	41,4	29	46,38	49,76
01/08/22	26	29,9	22,7	36,98	49,76
02/08/22	29	33,35	34,5	39,8	58,1
03/08/22	40	46	31	50,14	60,88
04/08/22	28	32,2	30,5	38,86	55,32

Wolf. Prismático= Número de Wolf calculado por recuento de manchas y grupos por observación con prismáticos 20*80. Wolf Prism. K 1,15= Modificación de cálculo por valor de K= 1,15, Parhelio Medias= Número de Wolf, medias informadas en www.parhelio.com, FC WP.= factor de corrección en relación a corrección de error, NW x MI= Número de Wolf calculado por manchas individuales.