2017BAAA...59..148L

Comparación de los datos de áreas de manchas solares de los telescopios de la red SOON ("Solar Optical Observing Network")

L. Leuzzi[1], L. Balmaceda[2] & C. Francile[3]

[1] *Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, UNSJ, Argentina*
[2] *George Mason University, Fairfax VA, EE.UU.*
[3] *Observatorio Astronómico Félix Aguilar, UNSJ, Argentina*

Contacto / luisleuzzi@yahoo.com.ar

Resumen / En la actualidad diferentes estudios revelan que las observaciones del tamaño de las manchas solares realizadas por la red de telescopios SOON (*Solar Optical Observing Network*) difieren de las realizadas por otros observatorios aunque aun no hay un consenso en cuanto a la magnitud de dicha diferencia. Con el fin de tener una mejor comprensión de las causas de estas discrepancias, presentamos un estudio minucioso de las observaciones realizadas por cada uno de los observatorios que constituyen la red SOON, que cubren desde 1982 hasta el presente y cuya importancia radica en el hecho de que sirven de nexo entre el registro histórico del Observatorio Real de Greenwich (1874–1976) y las observaciones más recientes (a partir de 1976).

Abstract / At present different studies reveal that the observations of the size of sunspots made by the network of telescopes SOON (Solar Optical Observing Network), differ from those obtained by other observatories although there is still no consensus as to the magnitude of that difference . In order to have a better understanding of the causes that give rise to these discrepancies, we present a detailed study of the sunspot series from each of the observatories that belong to the SOON network, covering the period 1982 - present and whose importance lies in the fact that they serve as a link between the historical record of the Greenwich Royal Observatory (1874–1976) and the most recent observations (as of 1976).

Keywords / (Sun:) sunspots

1. Introducción

La importancia del registro de las manchas solares se debe a que constituye un importante trazador de la actividad solar en diversas escalas de tiempo, además de ser el más extenso, ya que comienza en 1874 y se extiende hasta el presente, cubriendo por lo menos 12 ciclos solares completos. Su análisis posibilita entre otras cosas, estudiar el comportamiento general del campo magnético del Sol, las variaciones en la irradiancia y establecer modelos de predicción de actividad solar. El motivo que nos lleva a realizar un análisis más exhaustivo de los datos del *Solar Optical Observing Network* (SOON, por sus siglas en inglés), es el hecho que diferentes telescopios registran diferentes áreas debido a los errores aleatorios introducidos por el sesgo (*bias*) del observador, además de condiciones de *seeing* variables en cada sitio de observación, dispersión de la luz en los instrumentos y las diferencias en los horarios en que se realizaron las observaciones (Balmaceda et al., 2009). Además, la red de telescopios SOON muestra diferencias en el tamaño de las áreas con respecto a otros observatorios, como por ejemplo RGO, de hasta 40-50 % menores (Balmaceda et al. (2009), Hathaway (2010)). Otros autores indican que la diferencia es considerablemente menor (Foukal (2014), Muñoz-Jaramillo et al. (2015)). Históricamente se conoce que las áreas de las manchas solares obtenidas al medir sobre dibujos (como son generados en SOON) son menores a las obtenidas a partir de placas fotográficas (Baranyi et al., 2001); lo que a su vez se traduce en una subestimación del área de un gran número de manchas de menor tamaño en el registro diario. En este trabajo se comparan los registros diarios como así también las áreas de los grupos individuales obtenidos en los diferentes observatorios de la red SOON.

2. Características de SOON

La red de telescopios SOON está constituida por nueve telescopios solares. Los que operan en la actualidad son "Hollman Air Force" (HOLL), "Learmonth" (LEAR), y "San Vito" (SVTO), y los que cesaron sus actividades son "Ramey" (RAMY), "Mount Wilson" (MWIL), "Boulder" (BOUL), "Manila" (MANI), "Palehua" (PALE) y "Culgora" (CULG). Los datos de MWIL no fueron usados en este trabajo debido a que no poseen valores referidos al tamaño de las manchas solares. Esta serie de telescopios solares SOON es una de las más importantes y única en sus características, asegurando un continuo monitoreo del Sol durante las 24 horas del día. En la Fig. 1 se puede observar el registro de las áreas totales diarias de los telescopios SOON, evidenciando una gran diferencia para cada observatorio. Esta diferencia en el tamaño de las manchas solares de los diferentes

© Asociacion Argentina de Astronomia • Provided by the NASA Astrophysics Data System

2017BAAA...59..148L

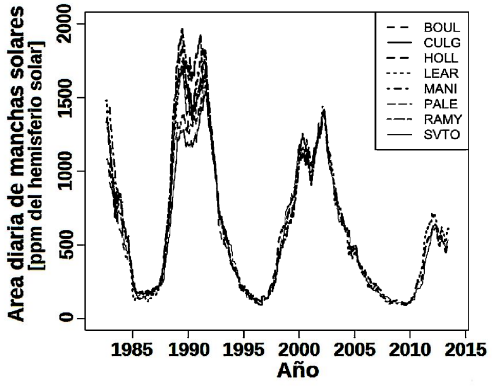

Figura 1: Comparación entre el registro de manchas solares diarias totales de los telescopios de la red SOON.

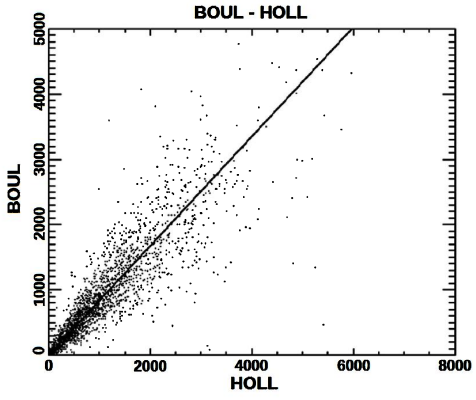

Figura 2: Resultado del método del bisector para la comparación día a día, tomando como observatorio base a Holloman (HOLL) y como auxiliar a Boulder (BOUL).

observatorios se hace más evidente durante el período de máxima actividad, no así para el mínimo de actividad. Esto se debe a que mientras mayor es la cantidad de registros de manchas, y mayores los valores de las áreas, mayor es el error que se puede cometer al estimar el valor de área. En teoría no se espera que hayan diferencias tan grandes como las que se observan debido a que los instrumentos son similares. Esto hace necesario un estudio en detalle de los datos para entender estas discrepancias que surgen entre los registros de los telescopios de la red SOON.

3. Método del Bisector

Para la comparación de las áreas diarias entre pares de observatorios se procedió a utilizar el método del bisector (Isobe et al., 1990; Eisenhauer, 2003). Este método permite obtener un factor multiplicativo para calibrar todos los datos a una misma escala. Su utilización se fundamenta en que no hay un criterio para definir cual de las dos series de datos es posible considerar como la variable independiente por lo que deben ser tratadas de forma simétrica. El factor multiplicativo dado por el método del bisector está dado por la siguiente expresión:

$$b = \frac{A_{\rm bas}}{A_{\rm aux}} \qquad (1)$$

que representa la pendiente de la recta de regresión lineal forzada a pasar por el origen, que puede ser utilizada para corregir el área de las manchas consideradas auxiliares, $A_{\rm aux}$, y obtener así valores en la misma escala/del mismo orden de las áreas consideradas como base, $A_{\rm bas}$.

El procedimiento aplicado en el presente trabajo consistió en calcular en primer lugar un valor inicial de ajuste b a través del uso de la Ec. 1 utilizando todos los puntos. Con el objetivo de evitar divisiones por cero en la Ec. 1 se eliminan los puntos cuyos valores de $A_{\rm aux}$ y/o $A_{\rm bas}$ fueran cero, los que surgen de la ausencia de observaciones para un determinado grupo de manchas para un día en un observatorio debido en general a las condiciones climáticas. Este primer valor de b es tomado en cuenta para una segunda selección en que son excluidos los valores cercanos al origen, los que generan sesgo (*bias*), (Balmaceda et al., 2009) en el cálculo de los coeficientes.

Las áreas más pequeñas corresponden a épocas de mínima actividad solar y se agrupan cerca del origen, teniendo mucho peso al momento de determinar el valor de la pendiente. Lo que se busca es un valor de corrección que sea más significativo en épocas de mayor actividad solar.

Se estiman las pendientes intercambiando las áreas utilizadas como base y auxiliar y finalmente se obtiene un valor final β usando la expresión:

$$\beta = (b_1 + b_2)^{-1}\left[b_1 b_2 - 1 + \sqrt{(1+b_1^2)(1+b_2^2)}\right] \qquad (2)$$

siendo b_1 y b_2 las pendientes cuando se cambian los ejes.

4. Tipo de comparaciones

El método del bisector se aplicó de dos modos diferentes: uno usando los registros diarios de las áreas totales, día a día; y otro comparando las áreas de grupos de manchas individuales para el mismo día de observación (comparación grupo a grupo). Ambos tipos de comparaciones se realizaron para aquellos períodos de tiempo con datos simultáneos de los dos observatorios.

4.1. Comparación día a día

Debido a que puede haber más de una medición diaria del tamaño de cada grupo de manchas para un mismo observatorio, es que se tomó el promedio de las áreas para el caso de más de una medición. Posteriormente se realizó la suma de todas las áreas de las manchas solares para cada día, obteniendo de este modo el valor de área total para cada día para los dos observatorios en comparación.

4.2. Comparación grupo a grupo

El procesamiento de los datos y el método aplicado en este caso es el mismo de la comparación día a día (ver

© Asociacion Argentina de Astronomia • Provided by the NASA Astrophysics Data System

2017BAAA...59..148L

Tabla 1: Resultados del factor de calibración β para la comparación día a día y grupo a grupo.

Obs. AUX	Obs. BAS	β Comparación grupo a grupo	β Comparación día a día
RAMY	LEAR	1.13	1.08
MANI	LEAR	1.02	1.10
BOUL	LEAR	0.88	0.87
PALE	LEAR	0.98	0.98
CULG	LEAR	0.89	0.87
RAMY	SVTO	1.03	1.05
MANI	SVTO	—	—
BOUL	SVTO	0.79	0.84
PALE	SVTO	0.93	0.96
CULG	SVTO	0.81	0.82
RAMY	HOLL	1.03	1.03
MANI	HOLL	0.91	1.07
BOUL	HOLL	0.84	0.83
PALE	HOLL	0.92	0.93
CULG	HOLL	0.87	0.82
SVTO	LEAR	1.05	1.02
HOLL	LEAR	1.06	1.03
SVTO	HOLL	0.99	0.98

Sección 4.1.). Esto permitiría, en principio, hacer comparaciones de los mismos grupos dentro de las 24 horas, asegurando que la variación en el tamaño de las áreas comparadas, debido a los cambios del tamaño de las manchas en el tiempo, sea la menor posible. Además, es posible comparar valores de áreas de manchas que poseen duraciones de algunas horas.

5. Resultados

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos al comparar los datos de área de los telescopios SOON para los dos tipos de comparaciones, día a día y grupo a grupo. En las primeras quince filas se usaron como observatorios principales a LEAR, HOLL y SVTO; y a RAMY, MANI, BOUL, PALE y CULG como observatorios a calibrar. Las últimas tres filas corresponden a las comparaciones entre los observatorios base.

Las comparaciones que arrojan un valor más distante del valor ideal de $\beta = 1$, son aquellas correspondientes a las obtenidas entre RAMY-LEAR, BOUL-LEAR, CULG-LEAR, BOUL-SVTO, CULG-SVTO, BOUL-HOLL y CULG-HOLL, con valores para la comparación grupo a grupo de 1.12, 0.88, 0.89, 0.79, 0.81, 0.84 y 0.87, respectivamente.

Además, los valores de la comparación día a día y la correspondiente a grupo a grupo, mantienen sus valores prácticamente iguales, salvo los casos de MANI-LEAR y MANI-HOLL en que los valores de factor de calibración para la comparación grupo a grupo son de 1.02 y 0.91 respectivamente, y sus correspondientes valores para la comparación día a día son 1.10 y 1.07, evidenciando una mayor discrepancia entre los valores de áreas de los observatorios comparados al pasar de la comparación día a día a grupo a grupo.

Las tres últimas filas corresponden a la comparación de los observatorios usados como base para las comparaciones. Estas presentan un valor de factor de calibración cercano a uno para las comparaciones día a día y con diferencias entre los valores porcentuales de las áreas muy bajos. Esto puede deberse a que las comparaciones realizadas entre los observatorios principales (LEAR, HOLL y SVTO) se realizan en un periodo de tiempo mayor y de esta manera los posibles errores de observación se logran compensar. Estos valores de factor de calibración se mantienen cercanos a uno en el caso de la comparación grupo a grupo.

6. Discusión

Los resultados de las comparaciones entre los observatorios tomados como base con respecto a los considerados como auxiliares, dan valores muy distantes al valor ideal de $\beta = 1$, obteniéndose valores de porcentaje en que difieren las áreas de los observatorios base con respecto a los observatorios auxiliares que van de $+2\,\%$ y $-2\,\%$, a $-21\,\%$ para las comparaciones grupo a grupo de MANI-LEAR, PALE-LEAR y BOUL-SVTO respectivamente. No así para la comparación entre los tres observatorios tomados como base, ya que se obtienen valores entre $-1\,\%$ y $+6\,\%$. Esta disparidad se puede deber a que las comparaciones entre los observatorios base se realizan durante un mayor período de tiempo debido a que son los que siguen en operación, compensando de este modo los errores que puedan haber en las mediciones. En cambio los datos de las estaciones con períodos de observación más cortos (MANI, CULG, PALE y BOUL) presentan mediciones que difieren bastante del resto de los observatorios y por lo tanto son menos confiables. La comparación grupo a grupo revela que existen diferencias en las mediciones de cada observatorio debido, por ejemplo, a las condiciones climáticas al momento de observar y a los diferentes criterios al generar los dibujos de manchas. Otro factor en las diferencias entre los datos diarios es la omisión de grupos en el registro.

Como trabajo a futuro se pretende obtener una estadística de la calidad de la observación para cada observatorio de la red SOON, realizar una selección de los observatorios con menor cantidad de *gaps*, recalibrar los valores del resto de los observatorios para obtener un registro de áreas con mayor precisión y comparar las funciones de distribución de cada observatorio con curvas teóricas tales como Normal, Log-Normal y Weibull (Muñoz-Jaramillo et al., 2015). Un registro mejorado de las áreas de manchas solares de SOON puede ser utilizado para aplicaciones específicas como por ejemplo el estudio de las variaciones de la irradiancia solar en largos periodos de tiempo.

Referencias

Balmaceda L. A., et al., 2009, Journal of Geophysical Research (Space Physics), 114, A07104
Baranyi T., et al., 2001, MNRAS, 323, 223
Eisenhauer J. G., 2003, Teaching Statistics, 25, 76
Foukal P., 2014, Sol. Phys., 289, 1517
Hathaway D. H., 2010, Living Reviews in Solar Physics, 7, 1
Isobe T., et al., 1990, ApJ, 364, 104
Muñoz-Jaramillo A., et al., 2015, ApJ, 800, 48

© Asociacion Argentina de Astronomia • Provided by the NASA Astrophysics Data System