

Impacto del eclipse total de Sol 2020 sobre la irradiación solar global de onda corta en la ciudad de Valcheta, Argentina.

F. Orte^{1,2}, E. Wolfram^{1,3}, E. Fernández-Lajús^{4,5}, R.P. Di Sisto^{4,5}, G. Nicora^{1,2}, R. D'Elia¹, F. Verstraeten³, A. Lusi^{1,2}, S. Papandrea³, F. Carmona⁶

¹ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina; ² División Atmósfera, CEILAP, UNIDEF (CITEDEF-CONICET), Villa Martelli, BA, Argentina, ³ Dirección de redes de Observación, SMN, BA, Argentina; ⁴ Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas - Universidad Nacional de La Plata, Paseo del Bosque S/N - 1900 LP, Argentina; ⁵ Instituto de Astrofísica de La Plata (IALP), CCT La Plata - CONICET/UNLP, Argentina; ⁶ Instituto de Hidrología de Llanuras (IHLLA), Universidad Nacional del Centro de la Provincia de BA, Tandil, Argentina.

Introducción

Cerca del mediodía solar del **14 de diciembre de 2020**, el sur de Sudamérica experimentó un **eclipse total de Sol**. La franja de la totalidad de 90 km de ancho se extendió sobre la región continental desde la costa Oeste chilena hasta la costa Este argentina, atravesando las provincias de Neuquén, Río Negro y el extremo sur de Buenos Aires. Con el objetivo de estudiar los efectos en la atmósfera producidos por este eclipse total, el SMN y CITEDEF realizaron una campaña de monitoreo radiométrico de onda corta en la ciudad de Valcheta (40,69°S; 66,15°O), Pcia. de Río Negro. La Fig. 1 muestra la estación meteorológica móvil donde se instaló instrumental para **monitoreo atmosférico**. Se realizaron mediciones de **radiación solar en diferentes rangos de longitud de onda**, campo eléctrico, parámetros meteorológicos (presión, temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento) y de la cobertura nubosa. En este trabajo se analiza el **impacto del eclipse en la irradiación solar total de onda corta** en dicha ciudad.



Figura 1. (izq.) Estación meteorológica móvil del SMN instalada en Valcheta. (der.) Instrumental de monitoreo atmosférico

Metodología

Para la estimación del impacto del eclipse se comparó la irradiación solar de onda corta medida en superficie con la irradiación solar modelada para una situación atmosférica similar (con nubosidad), sin considerar el eclipse. Una vez obtenidas las mediciones de irradiancia, el mayor desafío es modelar este parámetro considerando el eclipse para recuperar la irradiancia sin eclipse empleamos la ec. 1 (Wen et al. 2020). El diagrama de flujo de la fig. 2 presenta la metodología empleada.

- Modelo sin eclipse:** se implementó el modelo Iqbal (Iqbal, 1983) para el cálculo de la irradiancia con cielo despejado ($F_{non-ecl,model}(t)$).
- Atenuación eclipse:** Siguiendo el método de Bessel (Seidelmann, 1992) se calcularon los elementos besselianos y la configuración geométrica del eclipse a lo largo del tiempo. Se obtuvo así la distancia aparente entre los centros de la Luna y el Sol, y de allí, el área no oscurecida del Sol para cada instante del eclipse, que es proporcional a la atenuación de la irradiancia solar debida al eclipse si no consideramos el oscurecimiento del limbo. Para considerar el oscurecimiento del limbo utilizamos la expresión analítica dada por Koepke et al. (2001). Se consideraron diferentes longitudes de onda dentro del rango espectral del piranómetro y se integraron para obtener el correspondiente valor bolométrico. En la Fig. 3 se muestra la curva de luz correspondiente a la irradiancia solar normalizada I_{norm} sin oscurecimiento al limbo (rojo) y con oscurecimiento al limbo (verde) correspondiente a $\lambda = 280$ nm. Se muestra además la variación de la masa de aire y se indican los instantes de contacto C1 a C4 y del máximo M. I_{norm} puede ser considerado como el factor de atenuación de la radiación solar producido por el eclipse para obtener la irradiancia solar considerando el eclipse en condición de cielo despejado ($F_{ecl,model}(t)$). En la Fig. 3 a la derecha se muestra una fotografía del eclipse tomada en la campaña durante la fase parcial. Se observa el oscurecimiento al limbo del Sol.
- Medición:** La irradiancia solar global de onda corta se midió con un piranómetro K&Z CMP-21 (285-2800 nm.) ($F_{ecl}(t)$). Finalmente, se emplea la Ec. 1 para calcular la irradiancia sin eclipse en una situación atmosférica similar ($F_{non-ecl,model}(t)$). las irradiancias (Fig. 4) son integradas en tiempo para obtener la irradiación solar (J/m^2) en cada caso y se comparan para determinar el **impacto del eclipse en la irradiación solar en superficie**.

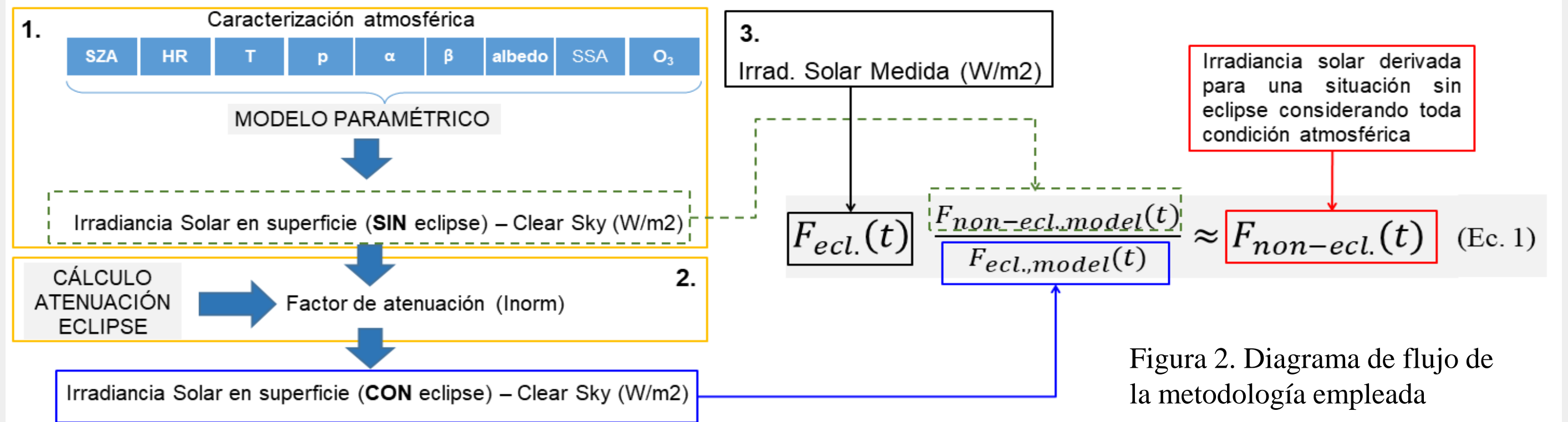


Figura 2. Diagrama de flujo de la metodología empleada

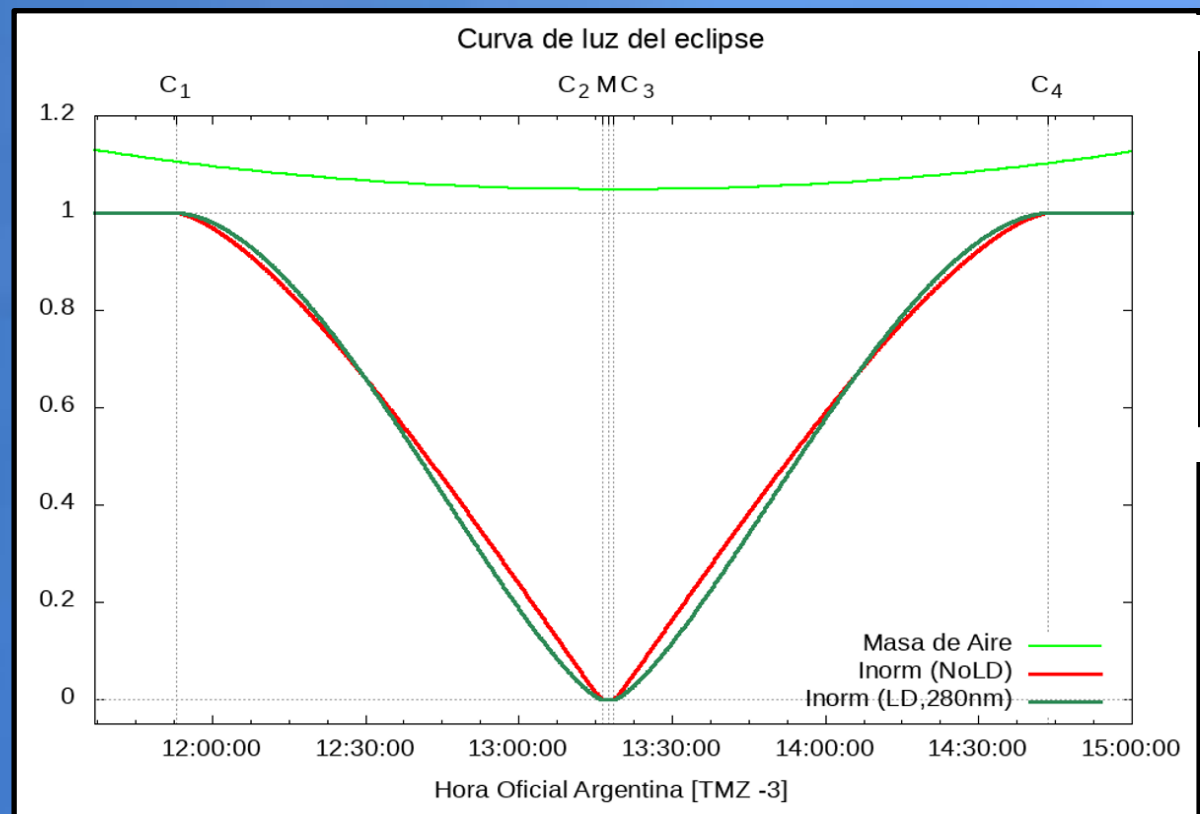
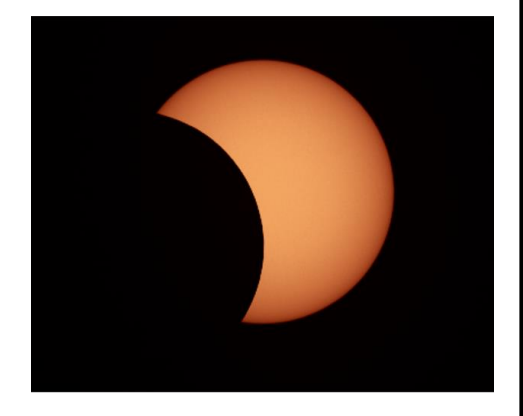


Figura 3. Curva de luz sin oscurecimiento (rojo), con oscurecimiento (verde) y masa de aire (verde claro). (Der) fase parcial del eclipse donde se observa el oscurecimiento al limbo del Sol



Resultados

La **atenuación de la irradiación solar** en superficie debida al Eclipse fue de **3415,2 KJ/m²** respecto de una situación similar atmosférica (considerando nubosidad) sin eclipse. Esto representa un 41,6% de atenuación durante el periodo del eclipse (C1-C4) y una atenuación diaria del 12%.

Conclusiones

- Se logró calcular el impacto del eclipse sobre la radiación solar en superficie teniendo en cuenta la nubosidad presente.
- Se desarrolló un código numérico utilizando lenguaje GNU/AWK. El mismo es aplicable para cualquier ubicación geográfica y fue extendido para calcular todos los eclipses de sol hasta el año 2200, utilizando los coeficientes polinómicos de los elementos besselianos tabulados por Meeus (1989).
- Se logró desarrollar un modelo para calcular la irradiancia solar global en superficie durante el eclipse.

Trabajo a futuro:

- Se está trabajando en la optimización de la caracterización atmosférica para mejorar la irradiancia modelada.
- Se espera extender el estudio a otros sitios de la red Saver-Net (<http://www.savernet-satreps.org/es/>)

Referencias

- Iqbal, M.: 1983, Introduction to Solar Radiation, Academic Press Inc
- Koepke et al., Spectral variation of the solar radiation during an eclipse, Meteorologische Zeitschrift, Vol. 10, No. 3, 179-186, 2001
- Meeus J., "Elements of Solar Eclipses, 1951-2200", Willmann-Bell, Inc. eds. 1989.
- Seidelmann P. Kenneth ed., Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac. Univ. Science Books, 1992.
- Wen et al., Changes in Surface Broadband Shortwave Radiation Budget during the 2017 Eclipse, Atmos. Chem. Phys., 20, 10477-10491, 2020

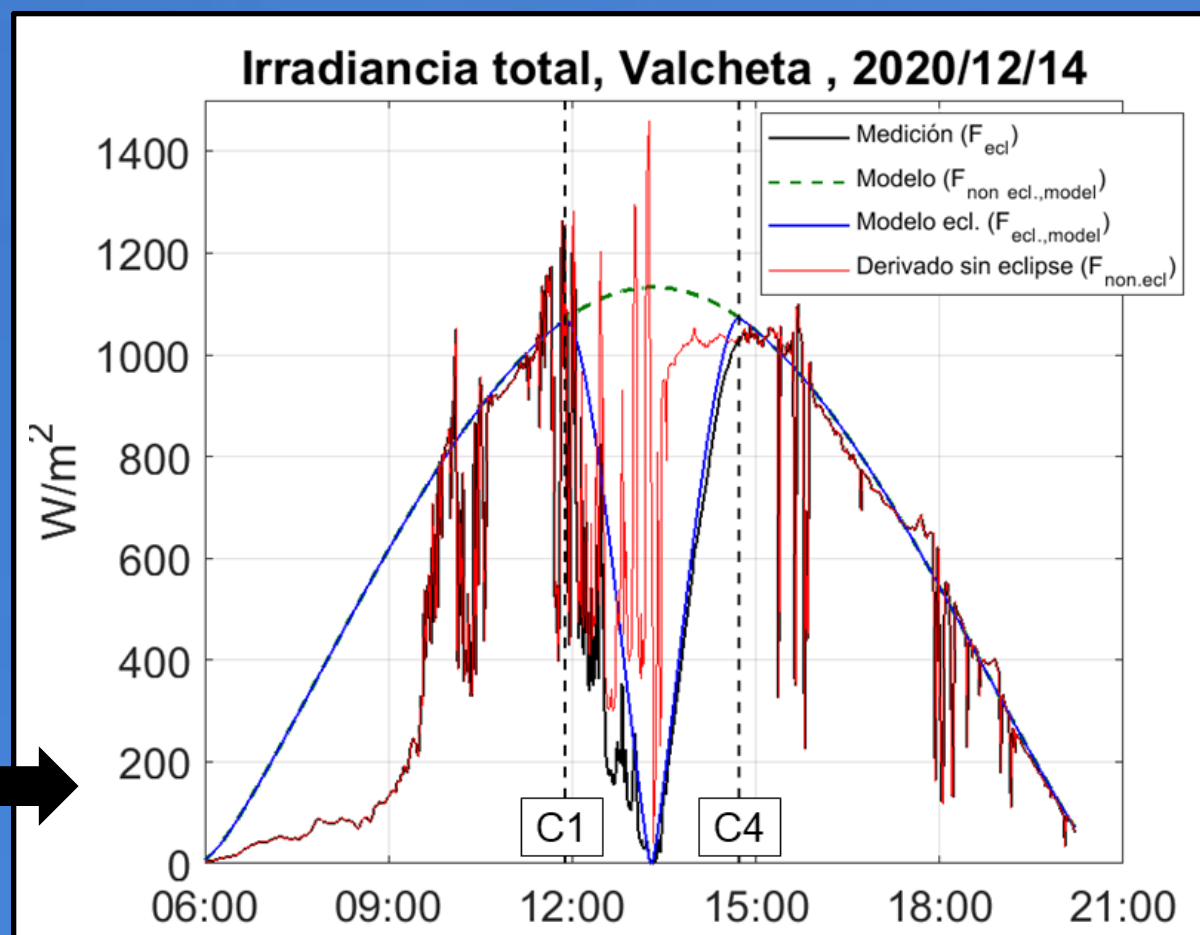


Figura 4. Irradiancia solar modelada para las diferentes situaciones y medición. Los colores se condicen con los de la ecuación 1.

Contacto: pfacundo.orte@gmail.com;

Agradecimientos: A JICA por la financiación del proyecto Saver-Net.

