

HELIOFANÍA EFECTIVA Y NUBOSIDAD A ESCALA REGIONAL Y LOCAL

FERNÁNDEZ, María Eugenia^{1,2}

¹ Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur (UNS)

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

eugenia.fernandez@uns.edu.ar

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es describir la variabilidad espacio-temporal de los valores de heliofanía efectiva y nubosidad en tres localidades de la región pampeana (Bahía Blanca, Tandil y Mar del Plata) para el período 1981-2010 como una aproximación al análisis del clima solar a nivel regional y en dicho marco analizar la variabilidad temporal de los mismos elementos en la ciudad de Bahía Blanca (período 1961-2010) como un estudio preliminar de carácter climatológico a escala local. Tanto a escala regional como local la heliofanía efectiva mostró una variación positiva. Bahía Blanca registró mayor cantidad de horas de brillo solar y menores valores de nubosidad media.

Palabras Clave: irradiación solar directa; nubosidad; Bahía Blanca; región pampeana.

SUNSHINE HOURS AND CLOUDINESS AT LOCAL AND REGIONAL SCALE

ABSTRACT

The goal of this paper is to describe the spatial-temporal variability of sunshine hours and cloudiness values in three cities of the Pampeana region (Bahia Blanca, Tandil and Mar del Plata) for the period 1981 to 2010 as a regional solar climate analysis. The temporal variability of those elements in Bahia Blanca (period 1961-2010) was also analyze as a preliminary local climatology study. Regional and local effective heliophany showed a positive variation. Bahia Blanca recorded more sunshine hours and lower values of cloudiness.

Key words: sunlight; cloudiness; Bahía Blanca; pampeana region.

Introducción

El enfoque ambiental de la climatología consiste en la aplicación del estudio de los elementos del clima a demandas sociales, cada vez más exigentes y complejas, de todos los ámbitos de la vida humana (Sala Sanjaume y Batalla Villanueva, 1996). La duración del brillo solar constituye una variable climatológica fundamental en estudios aplicados a la evaluación de los recursos (Fernández García, 1996). Su estudio constituye la base para evaluar la factibilidad de implementación de sistemas de producción fotovoltaica de electricidad. Además, su distribución espacio-temporal da cuenta de posibles procesos de cambio climático.

En lo que respecta a las tendencias observadas en la irradiación recibida a nivel planetario, entre 1950 y 1980 se ha documentado una reducción de 2,7 % por década (Standhill y Cohen, 2001). A este fenómeno se lo denomina *global dimming*. Recientemente, la evolución general descendente se ha invertido y ha manifestado una tendencia positiva, en lo que se conoce como *global brightening* (Wild, 2009). En esta línea se han realizado numerosos estudios relativos al comportamiento de la irradiación solar global y directa y su relación con las coberturas nubosas (Russak, 1990; Che *et al.*, 2005; Robaa, 2006; You *et al.*, 2010; Campo *et al.*, 2010a; 2010b; Adam, 2011; Sánchez G., 2012; Sánchez-Lorenzo *et al.* 2012; Raichijk, 2012; Fernández *et al.*, 2015). El objetivo del presente trabajo es describir la variabilidad espacio-temporal de los valores de heliofanía y nubosidad en tres localidades de la región pampeana (Bahía Blanca, Tandil y Mar del Plata) como una aproximación al análisis del clima solar a nivel regional y en dicho marco analizar la variabilidad temporal de los mismos elementos en la ciudad de Bahía Blanca como un estudio de carácter climatológico a escala local.

Área de estudio

Las ciudades analizadas se localizan en la llanura pampeana, entre los 36° S y 39° S (Fig. 1). Climatológicamente se ubican en la franja latitudinal de los climas templados por lo cual, las condiciones de tiempo se encuentran determinadas por el movimiento de masas de aire de distinto origen y características que dan lugar a una gran variabilidad en las condiciones atmosféricas (Capelli de Steffens *et al.*, 2005). El encuentro de estas masas de aire se asocia con la ocurrencia de frentes y la consecuente formación de nubes y posibles precipitaciones lo cual incide, directamente, en la variabilidad de la heliofanía. El Atlas de Energía Solar de la República Argentina (Grossi Gallegos y Righini, 2007) muestra que, para el mes de julio, el valor medio de las horas de heliofanía efectiva diarias es de cuatro horas y que, para enero oscila entre ocho y nueve.

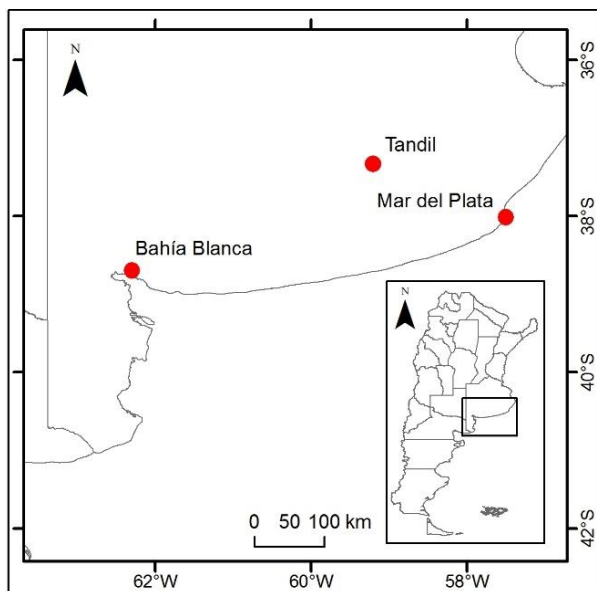


Fig. 1: Área de estudio

Materiales y métodos

Se realizó el análisis estadístico estándar de los valores de heliofanía efectiva (h) y nubosidad total (octas) mediante técnicas asociadas a la estadística descriptiva. Para ello se utilizó el software Microsoft Excel®. Los registros corresponden a las Estadísticas Climatológicas elaboradas por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de las estaciones Bahía Blanca Aero (1961-2010), Tandil Aero (1981-2010) y Mar del Plata Aero (1981-2010).

Resultados

Heliofanía y nubosidad: una aproximación al comportamiento regional

Como primera aproximación, se realizó el análisis estadístico de los registros de heliofanía efectiva y nubosidad para el periodo 1981-2010 para las localidades de Bahía Blanca, Tandil y Mar del Plata. La fig. 2 permite visualizar el comportamiento estacional de dichos elementos para todo el periodo. Puede apreciarse que Bahía Blanca es la localidad de mayor registro de heliofanía efectiva en todas las estaciones del año,

con un máximo valor medio en verano de 9,63 h. Mar del Plata es la estación con menor registro, con un valor estival de 5,07 h. Los valores medios anuales dan cuenta de esta diferenciación. Bahía Blanca es la ciudad con mayor insolación directa (7,4 h) seguido de Tandil (6,3 h). Cabe señalar, asimismo, que la variabilidad estacional de la heliofanía efectiva es más marcada en la ciudad de Bahía Blanca, mostrando un comportamiento más estable en las otras localidades. Esto puede explicarse al analizar los registros de nubosidad, que constituye uno de los primeros factores a tener en cuenta en los estudios referidos a radiación directa. Por su gran capacidad de absorción y reflexión de energía, las nubes son un factor determinante en la irradiación que alcanza la superficie, pudiendo disminuir hasta en un 80 % el aporte de radiación total (Strahler y Strahler, 2005). Fernández *et al.* (2015) vincularon la radiación en superficie para Bahía Blanca con los registros de coberturas nubosas y concluyeron que en término medio entre un día despejado y un día con cielo cubierto hay un 35 % de diferencia en la radiación recibida. En este aspecto, todas las ciudades registraron valores de nubosidad medios mínimos en verano, si bien el comportamiento del elemento se mantuvo más o menos estable a lo largo del año en Mar del Plata y Tandil. Bahía Blanca presenta la mayor variabilidad estacional en este sentido, con un valor medio mínimo de 3,24 octas de nubosidad en verano y un máximo de 4,14 octas en invierno. La disminución de las octas de cielo cubierto registradas en la estación estival puede explicar el aumento en las horas de irradiación directa registradas en la ciudad de Bahía Blanca para dicha época del año. La estabilidad en el registro de nubosidad correspondiente a Mar del Plata y Tandil explica la menor variación estacional que se registró en la heliofanía en ambas localidades.

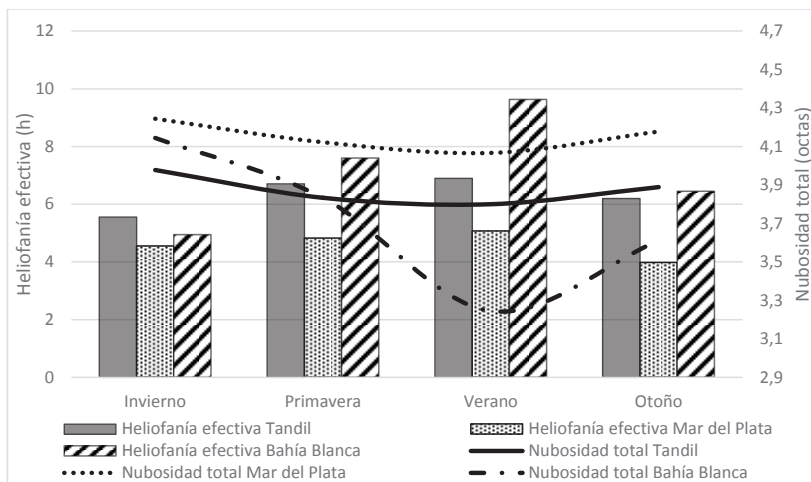


Fig. 2: Comportamiento estacional de la heliofanía efectiva y la nubosidad media para todas las localidades (1981-2010).

En lo que respecta a la variación de la heliofanía efectiva, pudo observarse que la misma presentó un aumento en todas las estaciones a excepción de Tandil, donde se mantuvo constante. Bahía Blanca registró el máximo aumento en las horas de brillo solar, con un porcentaje de 14,2 %, seguido de Mar del Plata con una variación de 5,5%. Este comportamiento coincide con las tendencias a nivel global expuestas por Wild (2009) y Raichijk (2012), en el fenómeno denominado *global brightening*.

Heliofanía y nubosidad en Bahía Blanca: una aproximación local

Como consecuencia del análisis anterior y considerando que la ciudad de Bahía Blanca presentó los valores extremos en cuanto a heliofanía efectiva y nubosidad de los años considerados se presenta, a continuación, un análisis del comportamiento de dichos elementos en la ciudad.

Se analizó el comportamiento estacional de las horas de brillo solar y la nubosidad del período 1961-2010. La fig. 3 presenta los promedios estacionales de los elementos considerados para todo el período de análisis. Puede observarse que, como se describió para el resto de las localidades estudiadas, la nubosidad fue menor en verano (3,41 octas) y otoño (3,77 octas) y máxima en invierno (4,42 octas). Como es de esperarse, la heliofanía efectiva presentó un comportamiento inverso (Adam, 2011): el máximo se halló en verano con un promedio de 9,61 h y el mínimo en invierno con 4,75 h.

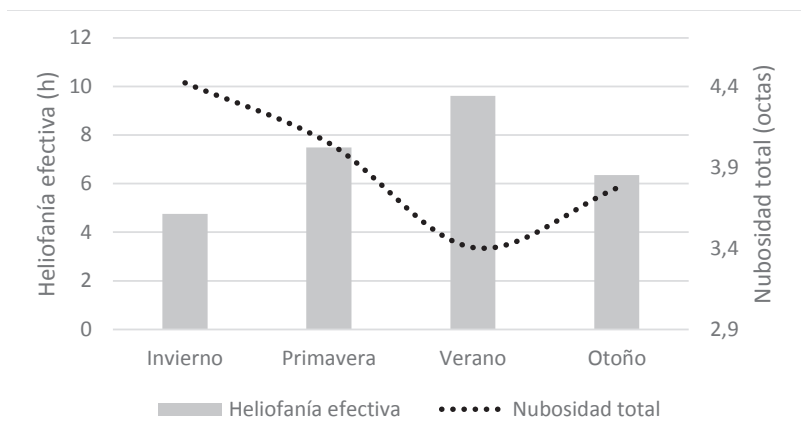


Fig. 3: Comportamiento estacional de la heliofanía efectiva y la nubosidad media para Bahía Blanca (1961-2010).

A fin de analizar la variabilidad temporal de manera más detallada, se estudió el comportamiento estacional discriminado por década. En la fig. 4 se observa que las horas de heliofanía efectiva aumentaron desde el período 1961-1970 en todas las estaciones del año. Entre 1961-1970 y 1971-1980 se manifestó un aumento de las horas de brillo solar, con un valor anual de 7,25 %. Para el período 1981-1990 los valores medios estacionales mostraron una baja, siendo el que menos heliofanía registró de los analizados luego de 1961-1970. En los subsiguientes, la variable muestra una tendencia a la estabilización, con un aumento solo visible en verano y otoño.

La nubosidad manifestó un comportamiento opuesto a la heliofanía mostrando una disminución desde 1971 en adelante. Esto coincide con lo expuesto por Eastman y Warren (2013) y Sánchez-Lorenzo *et al.* (2014). Como puede observarse, el registro mínimo corresponde al período 2001-2010, con un valor medio de 3 octas. El valor máximo (4,63 octas) se registró en el invierno del período 1961-1970.

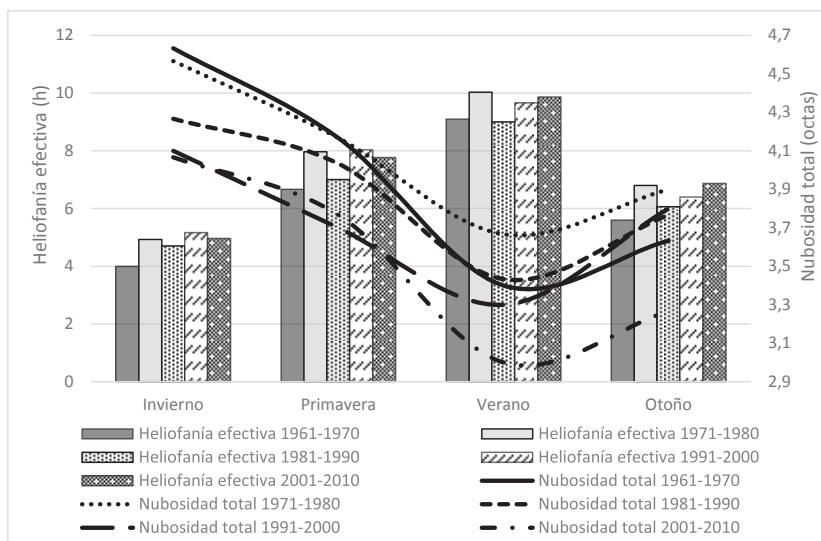


Fig. 4: Comportamiento estacional de la heliofanía efectiva y la nubosidad media para Bahía Blanca por décadas.

Conclusiones

En el presente trabajo se analizaron los registros climáticos de heliofanía efectiva y nubosidad media a nivel regional (para las ciudades de Bahía Blanca, Tandil y Mar del Plata) y a nivel local (Bahía Blanca). A escala regional se concluyó que Bahía Blanca registró mayor cantidad de horas de brillo solar y menores valores de nubosidad media para el periodo 1981-2000. Ambos elementos manifestaron variabilidades estacionales que pueden estar relacionadas. Mar del Plata, por su parte, presentó los menores valores para el mismo periodo. En lo que respecta a la heliofanía efectiva, pudo observarse que presentó un aumento en todas las estaciones a excepción de Tandil, siendo Bahía Blanca la que registró el máximo aumento en las horas de brillo solar. Las variaciones regionales observadas coinciden las tendencias a nivel global, en el fenómeno que se conoce como *global brightening* (Wild, 2009; Raichijk, 2012).

En lo que respecta a la escala local, se analizaron los registros de heliofanía efectiva y nubosidad media de la ciudad de Bahía Blanca para el periodo 1961-2010. Para todo el periodo la nubosidad fue menor en verano y otoño y máxima en invierno. La heliofanía efectiva presentó un comportamiento inverso, con un máximo en verano y un mínimo en invierno. Los valores hallados coinciden con las medias mensuales expuestas en el Atlas de Energía Solar de la República Argentina (Grossi Gallegos y Righini, 2007).

Asimismo, pudo observarse que las horas de heliofanía efectiva aumentaron desde el periodo 1961-1970 en todas las estaciones del año. Cabe señalar que si bien la tendencia general es al aumento en las horas de brillo solar, se describieron variabilidades entre los periodos y una posible estabilización observada entre 1991 y 2010, que fue también analizada por otros investigadores alrededor del mundo (Wild, 2012). La nubosidad manifestó un comportamiento opuesto a la heliofanía mostrando una disminución desde 1971 en adelante.

Agradecimientos

El presente trabajo se realizó en el marco del proyecto de investigación “Geografía Física Aplicada al estudio de la interacción sociedad-naturaleza. Problemáticas a diversas escalas témporo-espaciales” (24/G067) dirigido por la Dra. Alicia M. Campo y subsidiado por la Secretaría General de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional del Sur. A la Dra. Alicia M. Campo y al Dr. Jorge Gentili por el asesoramiento y apoyo que hicieron a la realización de esta investigación. A los evaluadores, por la supervisión y aportes que sin lugar a dudas enriquecen y dan lugar a la construcción y difusión del saber.

Referencias

- Adam, M.E.N. (2011). Effect of macrophysical parameters of clouds on broadband solar radiation (295–2800 nm) at a subtropical location. *Atmospheric and Oceanic Science Letters*, 4, 181-185.
- Campo, A., Gil, V., Gentili, J., Zapperi, P. (2010a). *Informe Técnico Calibración Estación Meteorológica – 2^{do} Trimestre 2010* para PROFERTIL S.A. Gabinete de Geografía Física Aplicada, Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur. 4 pp.
- Campo, A., Gil, V., Gentili, J. y Zapperi, P. (2010b). *Informe Técnico Calibración Estación Meteorológica – 3^{er} Trimestre 2010* para PROFERTIL S.A. Gabinete de Geografía Física Aplicada, Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur. 6 pp.
- Capelli de Steffens, A.M., Piccolo, M.C., Campo de Ferreras, A.M. (2005). *Clima urbano de Bahía Blanca*. Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca.
- Che, H.Z., Shi, G.Y., Zhang, X.Y., Arimoto, R., Zhao, J.Q., Xu, L., Wang, B., Chen, Z.H. (2005). Analysis of 40 years of solar radiation data from China, 1961–2000. *Geophysical Research Letters* 32, L06803.
- Eastman, R., Warren, S.G. (2013). A 39-yr survey of cloud changes from land stations worldwide 1971–2009: Long-term trends, relation to aerosols, and expansion of the tropical belt. *Journal of Climate*, 26(4), 1286-1303.
- Fernández García, F. (1996): *Manual de Climatología Aplicada*. Editorial Síntesis, Madrid.
- Fernández García, F. (2001): Clima y calidad ambiental en las ciudades: propuesta metodológica y su aplicación al área de Madrid. En: *Proyectos y métodos actuales en Climatología* (Raso Nadal, J.M., Martín-Vide, J., Ed.). Katelani, Barcelona, 41–66.
- Fernández, M.E., Campo, A.M., Gentili, J.O. (2015). Comportamiento temporal de la radiación solar global en la ciudad de Bahía Blanca, Argentina. *Revista de Climatología*, 15.
- Grossi Gallegos, H., Righini, R. (2007). *Atlas de Energía Solar de la República Argentina*. Universidad Nacional de Luján, Buenos Aires.
- Raichijk, C. (2012). Observed trends in sunshine duration over South America. *International Journal of Climatology*, 32, 669–680.
- Robaa, S.M. (2006). A study of solar radiation climate at Cairo urban area, Egypt and its environs. *International Journal of Climatology*, 26, 1913–1928.
- Russak, V. (1990). Trends of solar radiation, cloudiness, and atmospheric transparency during recent decades in Estonia. *Revista Tellus*, 42 B, 206–210.
- Sala Sanjaume, M., Batalla Villanueva, R. (1996). *Teoría y métodos en Geografía Física*. Editorial Síntesis, Madrid.
- Sánchez, G., Serrano, A., Cancillo, M.L. (2012). Effect of cloudiness on solar global, solar diffuse and terrestrial downward radiation at Badajoz (Southwestern Spain). *Óptica Pura y Aplicada*, 45, 33-38.

- Sanchez-Lorenzo, A., Calbó, J., Wild, M. (2012). Global and diffuse solar radiation in Spain: Building a homogeneous dataset and assessing their trends. *Global and Planetary Change*, 100, 343–352.
- Sanchez-Lorenzo, A., Enriquez-Alonso, A., Calbó, J., González, J.A. (2014). Tendencias de la nubosidad en el mediterráneo a partir de observaciones desde superficie, satélites, reanálisis y simulaciones climáticas. En: *Cambio climático y cambio global*, Fernández Montes, F., Rodrigo, F.S., Ed. Asociación Española de Climatología, España, pp.645-654.
- SMN (2016). Estadísticas climatológicas: 1961-2010. *Servicio Meteorológico Nacional, Fuerza Aérea Argentina*.
- Stanhill, G., Cohen, S. (2001). Global dimming: a review of the evidence for a widespread and significant reduction in global radiation with discussion of its probable causes and possible agricultural consequences. *Agricultural and Forest Meteorology*, 107, 255–278.
- Strahler, A., Strahler, A. (2005). *Geografía Física*. Omega, Barcelona.
- Wild, M. (2009). Global dimming and brightening: A review. *Journal of Geophysical Research*, 114, D00D16.
- Wild, M. (2012). Enlightening global dimming and brightening. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(1), 27.
- You, O., Kang, S., Flügel, W.A., Sanchez-Lorenzo, A., Yan, Y., Huang, J., Martin-Vide, J. (2010). From brightening to dimming in sunshine duration over the eastern and central Tibetan Plateau (1961–2005). *Theoretical and Applied Climatology*, 101, 445–457.

